

VIABILIDADE DO EMPREGO DE TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL DO PROGRAMA CASA VERDE E AMARELA

MARINA CARNEIRO DIAS AZEVEDO¹; LUIZ SANTIAGO SOUZA DO NASCIMENTO DE LACERDA²; WALLISSON DA SILVA FREITAS³; ARTHUR ZANUTI FRANKLIN⁴

¹Bacharel em Administração pela Universidade Federal de Viçosa (2009), graduanda em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário UNIFACIG, Pós-Graduada em Educação Ambiental e Sustentabilidade pelo IFES-Ibatiba (2023). E-mail: marinadiasss@gmail.com.

²Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (2012) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (2019). Professor do IFES-Ibatiba. E-mail: luiz.lacerda@ifes.edu.br.

³Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1998), mestrado em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Viçosa (2001) e Doutorado em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Ambientais) pela Universidade Federal de Viçosa (2006). Professor do IFES-Ibatiba. E-mail: wallisson.freitas@ifes.edu.br.

⁴Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal de Viçosa (2018), mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa (2020) e Doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa (2024). Professor do Centro Universitário UNIFACIG. E-mail: arthur.zanuti@sempre.unifacig.edu.br.

RESUMO

As necessidades crescentes por moradia e a criação de programas de habitação de interesse social (HIS) devido ao déficit habitacional surgido pelo adensamento populacional urbano, juntamente com a preocupação em relação ao uso racional de recursos não renováveis, demandaram mudanças nos sistemas construtivos ao longo do tempo. A análise da viabilidade do emprego de tecnologias sustentáveis em HIS do programa Casa Verde e Amarela no Espírito Santo fez-se indispensável para incluir agentes mitigadores dos impactos causados pela construção civil no meio ambiente, delimitando as tecnologias da cobertura vegetada e sistema fotovoltaico de geração de energia para o estudo por proporcionarem conforto térmico e bem-estar e melhoria na qualidade de vida. Foram utilizados os métodos de pesquisa descritiva e quantitativa afim de reunir informações já publicadas em trabalhos anteriores, dados comparativos de custos analisados através do cálculo do payback simples e pela relação entre investimento e vida útil da tecnologia. Observou-se que essas tecnologias proporcionam vantagens em relação aos sistemas construtivos tradicionais e impactam diretamente o orçamento das famílias, principalmente as de baixa renda, sendo seu custo-benefício satisfatório. Torna-se necessário a intervenção estatal para garantir que tecnologias sustentáveis sejam pré-requisitos mínimos obrigatórios em novas construções desse modelo, preferencialmente de forma subsidiada.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Habitação de Interesse Social; Cobertura vegetada; Energia fotovoltaica.

FEASIBILITY OF USING SUSTAINABLE TECHNOLOGIES IN SOCIAL INTEREST HOUSING UNDER THE CASA VERDE E AMARELA PROGRAM

ABSTRACT

The growing needs for housing and the creation of social housing programs (HIS) due to the

housing deficit arising from the urban population density, together with the concern regarding the rational use of non-renewable resources, demanded changes in construction systems around the world. over time. The analysis of the feasibility of using sustainable technologies in HIS of the Casa Verde e Amarela program in Espírito Santo was essential to include mitigating agents for the impacts caused by civil construction on the environment, delimiting the technologies of vegetated coverage and photovoltaic system for generating energy for studying by providing thermal comfort and well-being and improving quality of life. Descriptive and quantitative research methods were used to gather information already published in previous works, comparative cost data analyzed through the calculation of simple payback and the relationship between investment and useful life of the technology. It was observed that these technologies provide advantages over traditional construction systems and directly impact the budget of families, especially low-income families, with a satisfactory cost-benefit ratio. State intervention is necessary to ensure that sustainable technologies are mandatory minimum prerequisites in new constructions of this model, preferably in a subsidized manner.

Keywords: Sustainability; Social Interest Housing; Vegetated cover; Photovoltaics.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável pode ser interpretado por alguns como uma forma de se usar os recursos ambientais sem que eles se esgotem, preservando o meio ambiente. No entanto, este tema é de alta amplitude e inclui preocupações futuras com qualidade de vida, problemas sociais e do bem-estar humano de forma geral (GANTOIS et al, 2018).

Em se tratando de problemas sociais, pode-se citar a crise habitacional no Brasil, iniciada no período pós-revolução industrial e o êxodo rural em meados da década de 60. Nesse período, as diferenças sociais se acentuaram e houve a necessidade de intervenção estatal na questão das moradias. Desde então, programas de habitação de interesse social foram criados e modificados até a 3ª década do século XXI (FERCHIO; MARICATO, 1992). Paralelamente às questões habitacionais, surge o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e coloca em foco para o mundo as questões ambientais (RAMOS, 1996).

Com a necessidade de solucionar o problema habitacional e atender os acordos de preservação ambiental surge a precisão de propor ações que melhorem os níveis de qualidade de vida compatibilizados ao equilíbrio ambiental e justiça social, uma vez que é preciso garantir uma habitação digna e menores níveis de degradação ambiental (MEDEIROS, 2013).

Posto isso, esse trabalho tem o objetivo de analisar a viabilidade do emprego das tecnologias sustentáveis da cobertura vegetada e sistema fotovoltaico de geração de energia em habitações de interesse social do programa Casa Verde e Amarela no Espírito Santo.

Para tal, foi realizada a análise de duas tecnologias sustentáveis passíveis de serem usadas em edificações residenciais – uso da energia solar e coberturas vegetadas – que visam mitigar os impactos da construção a longo prazo e que forneçam economia e conforto à habitação.

Por meio de uma coleta de dados realizada através do referencial teórico, foi desenvolvido estudo comparativo entre um telhado em telhas cerâmicas em relação ao uso de equipamentos sustentáveis apresentando a viabilidade da aplicação desses recursos nas habitações de interesse social (HIS) do Projeto Casa Verde e Amarela (antigo Minha Casa, Minha Vida).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Habitação social

A formação das cidades pós-revolução industrial mudou a forma de ocupar o solo, visando a obtenção de maior aproveitamento dos espaços urbanos, pois possibilitou o uso de concreto armado e superfícies impermeáveis nas coberturas das edificações, principalmente pela durabilidade e baixa manutenção em relação às coberturas de telhado cerâmico, visto que o aumento populacional trouxe novas demandas em relação às moradias (FILHO et al, 2015).

Engels (1984) relaciona a formação dos centros urbanos à dinâmica capitalista, tendo o conflito capital versus trabalho originado diversas expressões das questões sociais. Para tanto, o autor argumenta que “a questão habitacional só pode ser resolvida a partir da superação da oposição entre cidade e campo, que é levada ao extremo na sociedade capitalista” (ENGELS, 1984, p.29).

Para Marx (2017) o aumento da renda imobiliária deu-se pelo crescimento da necessidade de habitações em virtude do crescimento populacional e que além do terreno propriamente dito para alocar a edificação, faz-se necessário o uso de outros elementos que compõem o solo como matéria prima, agregando ainda mais valor à terra. Para Coelho e Souza (2018), o processo de urbanização das cidades é fundamental para assegurar os lucros da acumulação capitalista consolidada mediante o processo de industrialização. Araújo (2019) ressalta que os diferentes grupos de uma cidade são afastados em virtude do valor atribuído ao solo e pelas condições de aquisição de tais grupos.

No Brasil, Pernambuco foi o primeiro estado a intervir na questão da habitação de interesse social em meados de 1924, enquanto em outros grandes centros com atividades industriais crescentes, a discussão ainda era a nível municipal. A maior preocupação dos governos (municipais, estaduais e federais) era afetar a produção privada habitacional, como na cidade de São Paulo, onde 90% das moradias dos trabalhadores de baixa renda eram locadas. As construções para esse fim eram na maioria das vezes insalubres e que posteriormente foram ligadas às questões de saúde pública (BONDUKI, 1994).

Após 1930, várias tentativas de governos para minimizar a crise habitacional foram adotadas como a Fundação da Casa Popular (1946), Sistema Financeiro de Habitação e Banco Nacional da Habitação – BNH (1964), Companhias de Habitação – Cohab (nível municipal e estadual) e uso dos recursos do FGTS (1967), incorporação da Caixa Econômica Federal - extinção do BNH (1986), Programa Nacional de Mutirão Comunitário (1987), Pró-Moradia e Habitar Brasil (1995-1998), Plano Nacional de Habitação e Sistema Nacional de Habitação – criação também do Ministério das Cidades (2003), Minha Casa, Minha Vida (2009) e Casa Verde Amarela (2020) (OLIVEIRA, 2014).

Apesar de todas as mudanças nos programas habitacionais, modelos construtivos de habitações de interesse social atuais não diferem muito dos que estavam em evidência na década de 70, repetindo-se a fórmula de casas ou prédios com medidas mínimas instalados em locais com alto custo de infraestrutura na parte periférica da cidade. O BNH, nas décadas de 70 e 80, chegou a eliminar a necessidade de projeto arquitetônico e urbanístico como forma de padronizar a produção, deixando poucas opções de mudanças ou personalização das habitações. Além disso, não era levada em consideração clima, solo e relevo dos locais a serem construídos nesse modelo (LUCINI, 2003).

Algumas alternativas para a melhoria da qualidade da habitação e do seu entorno podem ser incorporadas às novas construções com o objetivo de ser adaptada aos perfis socioeconômicos regionais, personalização interna, subsídios, pois “deveria superar as atuais limitações dos lotes urbanos tradicionais ou redefinir o seu aproveitamento, para possibilitar tanto a economia de escala necessária como a reconstituição do tecido urbano fracionado e degradado” (LUCINI, 2003, p.37).

Atendo-se aos quesitos de desempenho ambiental, os maiores problemas das construções das habitações urbanas de baixa renda destacados por Lucini (2003) são orientação solar, distanciamento entre edificações, isolamento térmico e ventilação que influenciam diretamente no bem-estar dos moradores. Essas variáveis mudam de acordo com a região construída e não se encaixa num padrão pré-estabelecido. Porém, devido às limitações econômicas dos usuários das edificações, as exigências dos níveis básicos de conforto são definidas não pelos habitantes e sim pelas construtoras e administradoras que estão ligadas aos setores financeiros e produtivos participantes do processo (LUCINI, 2003).

2.2 Coberturas vegetadas

Coberturas vegetadas são coberturas de edificações feitas com aplicação de vegetações sobre superfície impermeabilizada. Esse sistema pode ser aplicado tanto em lajes, podendo, de

acordo com a estrutura planejada, suportar vegetações de maior porte (como árvores frutíferas) ou em telhados inclinados, fazendo uso de vegetações de forração (BLADESSAR, 2012).

Após a revolução industrial, na virada do século XIX para o XX, o aumento das construções nos centros urbanos e a melhoria da segurança das infraestruturas de concreto, a impermeabilização do solo foi se acentuando e alterando consideravelmente o equilíbrio ecológico das cidades (FILHO et al. 2015).

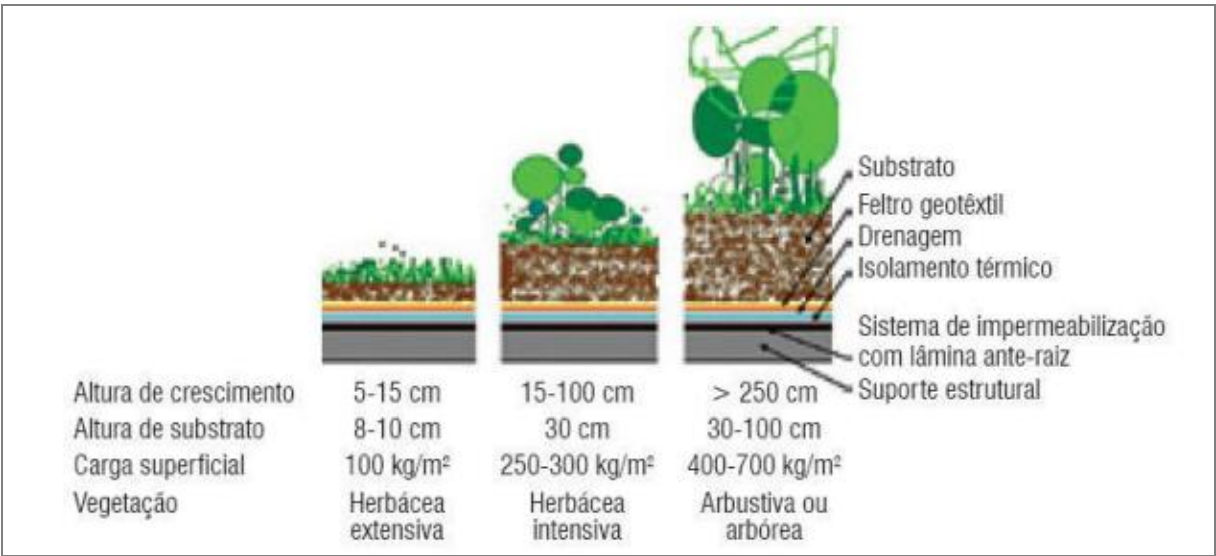
Em 1926, a formulação dos cinco pontos da arquitetura pelo arquiteto Le Corbusier destaca como um dos pontos principais da Nova Arquitetura o uso de terraços jardins dando função às coberturas e

o arquiteto propõe uma reconquista do espaço urbano perdido nas grandes cidades, delineando uma nova praça (área de lazer) sobre as coberturas com boas condições de conforto (ventilação, insolação e iluminação) (FILHO et al, 2015, p.4)

Abbud (2010) reafirma que grande parte dos terrenos urbanos estão sendo impermeabilizados pelas edificações, garagens em subsolos e metrô. Dessa forma, cada vez menos há a possibilidade de cultivos de jardins diretamente nos solos, sendo necessário a adaptação para o paisagismo sobre lajes. Porém, algumas questões devem ser analisadas ao se planejar esse tipo de jardim: se o canteiro será rente ao piso ou elevado, o porte, peso e tipos de raízes das vegetações para cálculos de cargas da infraestrutura dentre outros detalhes técnicos.

Britto Correa (2001) demonstra e classifica as coberturas verdes podendo ser dos tipos extensiva, semi-intensiva e intensiva variando a profundidade do substrato de menor para maior tamanho, e o porte das vegetações conforme a figura 1:

Figura 1 - Classificações de coberturas verde.



Fonte: Britto Correa (2001).

Desde então, o uso de coberturas vegetadas tornam-se uma solução além da estética, uma vez que o emprego dessa tecnologia concede muitas vantagens às edificações, tais como: retenção de água de chuva, melhoria da qualidade da água, redução da ilha de calor urbano, melhoria acústica interior e recuperação do espaço de zoneamento (FILHO et al, 2015).

Para Rodrigues e Cabral (2020) os desafios para o uso dessa tecnologia são em relação à manutenção (poda, replantio e impermeabilizações), mão de obra especializada na instalação, controle de pragas e planejamento adequado em relação à infraestrutura e execução.

2.3. Energia Solar

Os tipos de energia solar mais populares em uso residencial são a energia solar fotovoltaica - SF e a energia solar térmica. Para esse estudo, decidiu-se por trabalhar com a energia solar fotovoltaica, que permite a utilização da energia solar nos eletrodomésticos e iluminação, enquanto a energia solar térmica é restrita ao aquecimento de água.

O potencial de geração de energia fotovoltaica no Brasil é grande, pois o país recebe radiação solar em grandes quantidades em todo o seu território. A exemplo, tem-se que a região menos ensolarada do Brasil tem capacidade produtiva maior do que o local mais ensolarado da Alemanha (Pereira et. al, 2017).

A Empresa de Pesquisa Energética – EPE, aponta que a partir de 2012, com a regulamentação feita pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL na troca da energia gerada pelos painéis com a rede fornecedora de energia, houve aumento pela demanda de uso dessa tecnologia. A redução no custo do equipamento e a redução nas faturas das contas de luz do consumidor que opta por investir no uso desse modelo foram determinantes para seu exponencial crescimento (BRASIL, 2018).

Em 2013, foi criada a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR, com a intenção de regular e defender interesses industriais relativos à produção de energia limpa. Em outubro de 2022, firmou-se uma parceria entre a ABSOLAR e a Caixa Econômica Federal afim de proporcionar uma linha de crédito exclusivo para o financiamento dessa tecnologia, abrangendo os micros e pequenos empreendedores, empreendedores individuais e consumidores residenciais com taxas mais atrativas de financiamento e maiores prazos (BASTOS, 2022).

Sendo os painéis fotovoltaicos fabricados para aguentar diversas intempéries, a vida útil aproximada do sistema é de 30 anos, podendo assim compor parte de estruturas arquitetônicas das edificações como coberturas, paredes e fachadas, a depender da incidência solar local (RUTHER, 2004).

Destaca-se, para Ruther (2004), como principais vantagens dessa tecnologia a economia imediata de até 95% da fatura de energia, uso de energia limpa poupando desgaste do meio ambiente, além da valorização do imóvel. Apesar de ser visto como uma desvantagem atual, o custo elevado dos painéis fotovoltaicos deve ser ponderado pois permite a integração com sistemas já construídos, não sendo necessário grandes adaptações estruturais das residências existentes.

Há, de acordo com a EDP Brasil, o benefício regulamentado pela Lei 12.212/2010 que concede desconto nas tarifas de energia elétrica às famílias de baixa renda inscritas em programas sociais do governo federal (EDP, 2023).

A maior parte do território do Espírito Santo recebe grande quantidade de radiação solar, sendo uma boa indicação para o uso do SF, visto que há pequenas variações de radiação média entre as microrregiões. A estimativa é que um sistema que produza aproximadamente 1,4 quilowatt-pico (kWp) consiga suprir a necessidade da maioria das residências típicas de qualquer microrregião do Estado (Scapatti et. al, 2014).

3 METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados os métodos de pesquisa descritiva e quantitativa, com o objetivo de reunir as informações percorridas no referencial teórico em materiais já publicados sobre os assuntos relacionados e dados comparativos das tecnologias sustentáveis propostas realizados através de tabelas comparativas de custos.

A pesquisa de viabilidade do uso das tecnologias sustentáveis nas habitações de interesse social foi realizada com base no modelo de casa padrão descrito no “Cadernos CAIXA Projeto Padrão – Casas Populares | 41,87 m²” (CEF, 2007), construção prevista para abrigar 4 pessoas.

O método de verificação de tempo de retorno de investimento utilizado foi o *payback* simples, determinando assim o período de retorno do investimento (NOGUEIRA, 2007). A opção por esse tipo de cálculo foi o foco nas vantagens e desvantagens de cada tecnologia do ponto de vista ambiental e pesquisar se há incentivos governamentais. Alternativamente ao *payback*, a relação entre investimento e vida útil da tecnologia é adequada para análise de custo-benefício. Dessa forma, a intenção não sendo a análise puramente financeira, o cálculo simplificado atende às necessidades para fins comparativos.

A apuração do valor de implantação de acordo com o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices de Construção Civil (SINAPI). Para fins de verificação do custo das tecnologias descritas, o SINAPI divide as tabelas de acordo com os estados brasileiros.

Também há necessidade de verificação de radiação solar por região, para o caso de SF. Dessa forma, o Espírito Santo (ES) foi a referência.

A tabela utilizada foi a SINAPI não desonerada, uma vez que é a indicada pela CEF para orçamentos de projetos. O cálculo inicial dos telhados foi baseado em metros quadrados e posteriormente foi aplicado ao modelo proposto de HIS.

A tabela utilizada é composta de código do item na tabela SINAPI seguida da descrição do material, serviço ou mão de obra, valor por metro quadrado e valor final do produto aplicado à edificação proposta, de acordo com a tabela 1:

Tabela 1 - Modelo de tabela para análise de dados

TECNOLOGIA X			
Cód.	Descrição	Total por m²	Total Edificação
Ref.			
Tabela	Descrição da tabela SINAPI	X	X
SINAPI			
Total (R\$)		X	X

Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Para o comparativo das coberturas, foi analisada uma edificação retangular de 41,87 m². O plano total da laje executada para receber as camadas referentes ao sistema de cobertura verde compreende a área total da edificação acrescida de beiral de 60 cm em todas as direções, de acordo com a planta descrita no Anexo A, onde a comprimento (C) mede 6,99 m e a largura (L) 5,99 m.

A edificação tem o desenho básico de um retângulo, portanto sua área (A) será resultado do produto do comprimento (C) pela largura (L):

$$A = C \cdot L$$

$$A = (0,60 + 6,99 + ,60) \cdot (0,60 + 5,99 + 0,60)$$

$$A = 8,19.7,19$$

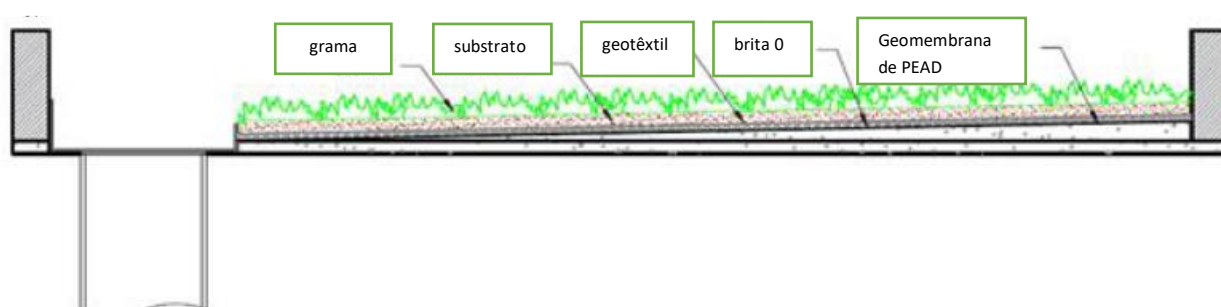
$$A = 58,89 \text{ m}^2$$

A cobertura do presente estudo foi o tipo extensivo, por ser mais simples, leve e exigir menos manutenção. Oliveira e Carvalho (2018) descrevem a composição do cobertura vegetada extensivo indicando que o sistema de laje de concreto plana com contrapiso inclinado a 2% é o tipo mais empregado, apesar da tecnologia poder ser aplicada a sistemas de coberturas inclinadas. A implantação da cobertura vegetada seguirá a estrutura de laje com contrapiso,

camada de impermeabilização, camada drenante, camada filtrante (geotêxtil), substrato e vegetação do tipo forração.

O uso de camada drenante de brita descrita na Figura 2 pode ser substituído pelo produto proveniente de trituração de resíduos de demolição composto por concreto, pedras e tijolos sendo uma alternativa que apresenta benefícios ambientais para fins de descarte desses despojos (Oliveira, 2019 apud Green Roofs, 2016).

Figura 2 - Corte transversal sistema cobertura vegetada.



Fonte: Oliveira e Carvalho (2018).

A grama esmeralda (*Zoysia japônica*) foi a opção como forração para uso no sistema pela característica da espécie de ter baixa manutenção, baixa necessidade nutricional, crescimento lento e boa resistência e adaptação à diversos climas (Itogress, 2023).

A indicação contida no Cadernos CAIXA Projeto Padrão – Casas Populares | 41,87 m² é que a cobertura de telhas cerâmicas do modelo proposto seja executada conforme descrito:

O telhado, com inclinação e dimensões prevista em projeto, será executado em telha cerâmica tipo plan, assentadas atendendo às exigências da especificação do fabricante. O madeiramento obedecerá às normas da ABNT, todas as peças da estrutura deverão ser de parajú ou ipê, devidamente aparelhadas, sem apresentar rachaduras, empenos e outros defeitos e seus encaixes serão executados de modo a se obter um perfeito ajuste nas emendas (CEF, 2007, p.28).

Para a energia solar foram usados simuladores online com base no consumo máximo da tarifa enquadrada na categoria residencial de baixa renda, tipo monofásica com consumo de até 220 kWh, conforme dados da Tabela 2:

Tabela 2 - Quadro Tarifas EDP Brasil Subgrupo B1 Residencial de Baixa Renda.

Consumo mensal (kWh)	Desc.	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD)	Tarifa de Energia (TE)	TUSD + TE	Bandeira Verde	Bandeira Amarela	Bandeira Vermelha 1	Bandeira Vermelha 2
		R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh	R\$/kWh
Até 30	65%	0,09543	0,09696	0,019239	0,00000	0,01046	0,02275	0,03428
De 31 a 100	40%	0,16360	0,16622	0,32981	0,00000	0,01793	0,03900	0,05877
De 101 a 220	10%	0,24539	0,24933	0,49472	0,00000	0,02690	0,05850	0,08816
Acima de 220	0%	0,27266	0,27703	0,54969	0,00000	0,02969	0,06500	0,09795

Fonte: EDP (2023) adaptado pelos autores.

Para fins de computação de consumo de energia, foram utilizados dados fornecidos pela EDP Energias do Brasil e o uso de simuladores online que são sites que fazem uma estimativa do Sistema Fotovoltaico necessário para suprir a demanda energética da habitação baseado nos consumos anteriores registrados das residências e a irradiação solar da região em que será instalado. Essa ferramenta disponibiliza a área necessária para a execução do SF e a quantidade de placas utilizadas, além da potência produzida pela proposta, sendo úteis para o dimensionamento prévio.

Por fim, com os dados apurados sobre as despesas de instalações das inovações propostas e o tempo de retorno do investimento, pode-se estabelecer um comparativo entre o uso das tecnologias sustentáveis em relação às construções comuns e assim poderão ser utilizados para compreender se é possível ou não os seus empregos em HIS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os benefícios do uso de tecnologias sustentáveis vão além de cálculos matemáticos, uma vez que não há como mensurar todas as vantagens subjetivas que o emprego de tecnologias sustentáveis pode oferecer aos usuários de residências que optam por elas. Conforto térmico em termos de bem-estar, melhoria de qualidade de vida nem sempre podem ser medidos numericamente. A decisão por preservar os recursos não renováveis nunca causarão prejuízos a quem quer que opte por conservá-los.

4.1 Cobertura vegetada

De posse das informações de composição da estrutura da cobertura vegetada descritas na metodologia, a Tabela 3 contempla os custos:

Tabela 3 – Custo cobertura vegetada com cobertura do tipo extensiva para casa padrão

COMPOSIÇÃO DA ESTRUTURA DA COBERTURA VEGETADA			
Cód.	Descrição	Total por m²	Total Edificação A=58,89m²
87620	contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, acabamento não reforçado, espessura 2cm. af_07/2021	28,59	1.683,67
98546	impermeabilização de superfície com manta asfáltica, uma camada, inclusive aplicação de primer asfáltico, e=3mm. af_06/2018	109,23	6.432,55
102713	geotêxtil não tecido 100% poliéster, resistência a tração de 14 kn/m rt - 14), instalado em dreno - fornecimento e instalação. af_07/2021	12,95	762,63
98503	plantio de grama em pavimento concregrama. af_05/2018	21,69	1.277,32
Total (R\$)		172,46	10.156,17

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Seguindo os cálculos, o custo do telhado de telhas cerâmicas para casa padrão, de acordo com as especificações, se dão pela tabela 4:

Tabela 4 - Custo telhado de telhas cerâmicas para casa padrão

COMPOSIÇÃO DA ESTRUTURA DO TELHADO DE TELHAS CERÂMICAS			
Cód.	Descrição	Total por m²	Total Edificação A=58,89m²
92541	trama de madeira composta por ripas, caibros e terças para telhados de até 2 águas para telha cerâmica capa-canal, incluso transporte vertical. af_07/2019	85,56	5.038,67
94201	telhamento com telha cerâmica capa-canal, tipo colonial, com até 2 águas, incluso transporte vertical. af_07/2019	36,29	2.137,12
94221	cumeeira para telha cerâmica emboçada com argamassa traço 1:2:9 (cimento, cal e areia) para telhados com até 2 águas, incluso transporte vertical. af_07/2019	21,48	1.264,96
Total (R\$)		143,33	8.440,75

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A cobertura vegetada do tipo extensiva aplicada ao modelo proposto teve o custo de R\$ 10.156,17 (dez mil, cento e cinquenta e seis reais e dezessete centavos) ao passo que a cobertura de telhado tradicional, feita com madeiramento e telhas de cerâmica teve o custo de R\$ 8.440,75 (oito mil, quatrocentos e quarenta reais e setenta e cinco centavos). A diferença entre elas foi de R\$ 1.715,42 (mil, setecentos e quinze reais e quarenta e dois centavos).

Como os benefícios do cobertura vegetada requerem um estudo aprofundado em relação à diminuição de custo de energia, conforto térmico e reuso de água pluvial, para fins de cálculo comparativo será usado o critério de vida útil entre o cobertura vegetada e o telhado convencional.

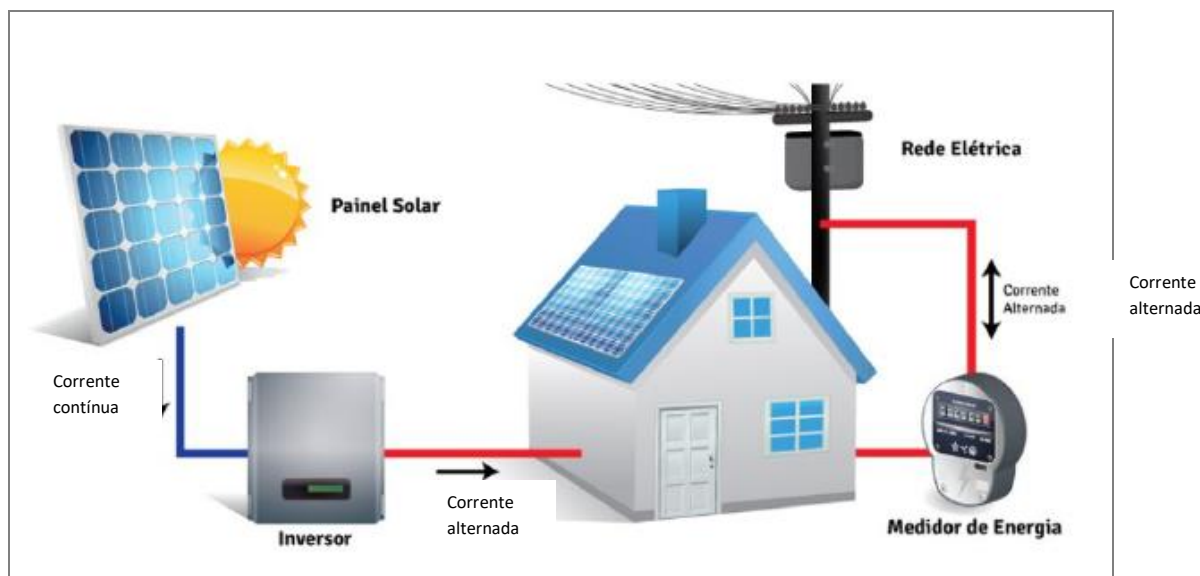
Claus e Rousseau (2012) indicam uma estimativa de vida útil das coberturas vegetadas de baixa inclinação, como no presente estudo, de 50 anos enquanto as coberturas tradicionais tendem a durar metade do tempo em virtude da exposição às intempéries. Dessa forma, o telhado convencional é 17% mais barato, porém, a sua vida útil é 50% menor.

Os benefícios do uso da cobertura vegetada descrito na revisão bibliográfica não foram mensurados nesse estudo, mas a economia de energia em vista do conforto térmico que a cobertura verde proporciona, além da retenção das águas pluviais que ajudam na prevenção de enxurradas e enchentes não podem ser desconsiderados para discussões mais aprofundadas.

4.2 Energia Solar

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede – SFCR (ou On-grid) por não ser isolado, independe de baterias e reguladores de carga, uma vez que a conexão direta com a rede de distribuição pública não exige esse armazenamento. Essas características diminuem consideravelmente o custo de implantação. A figura 3 representa o sistema indicado:

Figura 3 - Esquema de Sistema Fotovoltaico *on-grid*



Fonte: Camargo (2017).

Observa-se que o sistema de custo aplicado é escalonado de acordo com o consumo e para fins de cálculos do SFCR, adotou-se a fatura fornecida pela EDP como modelo de conta de baixa renda, apresentada no Anexo C no valor de R\$ 121,17, pois houve pouca alteração no valor das tarifas atualizadas, de acordo com a Tabela 5:

Tabela 5 - Desconto escalonado da tarifa social modelo (anexo c) e valores atualizados fornecido pela EDP Brasil.

Faixa de consumo	Desconto	Valor tarifa	Valor tarifa (2023)
Até 30 kWh/mês	65%	0,1919	0,1924
De 31 a 100 kWh/mês	40%	0,3291	0,3298
De 101 a 220 kWh/mês	10%	0,4936	0,4947
Acima de 220 kWh/mês	0%	0,5484	0,5497

Fonte: EDP (2023). Elaborado pelos autores, 2023.

A conta modelo tem consumo aproximado de 220 kWh. O cálculo do *payback* foi guiado pela média encontrada nos simuladores de sistemas fotovoltaicos descritos na Tabela 6, com necessidade de geração aproximada de 190 kWh, visto que é cobrado a taxa mínima para a distribuidora de energia referente a 30kWh para custeio da infraestrutura da rede de distribuição, conforme especificação do uso do sistema monofásico.

Tabela 6 - Custo e potências médias de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede feita através de simuladores online.

Simulador ¹	Potência (kWp)	Prod. Mensal (kWh/mês)	Quant. painéis	Custo R\$
Calculadora Solar	1,65	217,8	3	4.689,00
Minha Casa Solar	1,64	185,0	3	9.793,65
Intelbrás	1,32	166,7	Não informado	7.022,40
Solarini	1,74	204,0	Não informado	11.344,00
Médias	1,59	193,36	3	8.212,26

Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Com os dados anteriores, a Tabela 6 representa a diferença entre o consumo de energia usando o sistema convencional e quando há o uso do SFCR:

Tabela 7 - Comparativo entre consumo x fatura dos sistemas convencional e Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (com pagamento de taxa mínima).

	Convencional	SFCR (taxa mínima)	Diferença
Consumo	222 kWh/mês	30 kWh/mês	192 kWh/mês
Fatura	R\$ 121,17	R\$ 5,76	R\$ 115,41

Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

O cálculo do *payback* simples foi dado pela razão entre o valor médio investimento (custo médio Tabela 7) e a economia mensal gerada (diferença entre as faturas da Tabela 7):

$$Payback = \frac{R\$ 8.212,26}{R\$ 115,41/mês} = 71,16 \text{ meses ou } 5,9 \text{ anos.}$$

A quitação do SFCR é relativamente rápida se comparado à vida útil do sistema, que é estimada em 30 anos. O impacto do custo da fatura convencional em relação ao salário-mínimo vigente em 2023, de R\$ 1.320,00, é de 9,18% enquanto a tarifa SFCR, após o pagamento do sistema, impactará apenas 0,44%, não sendo considerados aqui taxas de inflação nem perda de eficiência do sistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias apresentadas ao longo desse trabalho são viáveis do ponto de vista ambiental e financeiro, uma vez que comparadas às infraestruturas convencionais trazem custo-benefício satisfatório.

Ao se tratar da viabilidade do emprego dessas tecnologias em HIS, torna-se necessário a intervenção estatal para garantir que tecnologias sustentáveis sejam pré-requisitos mínimos obrigatórios em novas construções desse modelo, preferencialmente de forma subsidiada.

É necessário que haja aporte governamental para a aquisição dessas tecnologias pelas famílias de baixa renda, uma vez que essas inovações tecnológicas afetam diretamente o segundo maior custo do orçamento familiar, que é despesas com moradia. Há a tarifa energética diferenciada que contemplam as famílias de baixa renda, porém não é tão impactante no orçamento quanto o SFCR depois de quitado.

Há mais legislação e regulamentação para a geração alternativa de energia, sendo o SF amplamente difundido nos últimos anos. Além disso, a geração de energia por esse sistema atende mais necessidades do que o de aquecimento solar, uma vez que o abastecimento de toda a energia da casa pode ser suprido.

A cobertura vegetada é uma boa alternativa para aplicação em HIS, visto que o conforto ambiental proporcionado pelo uso dessa cobertura melhora a qualidade de vida dos moradores, além de reter águas pluviais e colaborar para a diminuição de problemas urbanos como enchentes e enxurradas. Ainda é necessário que exista normas para a padronização de execução dessa tecnologia e incentivo de uso nos programas habitacionais como o Casa Verde e Amarela.

REFERÊNCIAS

ABBUD, B. **Criando paisagens: guia de trabalho em arquitetura paisagística**. Senac, 2010.

ARAÚJO, C.C.; **O processo de verticalização: uma revisão bibliográfica sobre as suas origens e implicações no espaço urbano**. Revista Espaço Acadêmico, UFBA, 2019, n.217

BASTOS, F. **Caixa e Absolar lançam financiamento para energia solar; confira valores e taxas.** Revista Exame, out/2022. Disponível em: <https://encr.pw/HeY99>. Acesso em: 10 mai. 2023.

BONDUKI, N. G. Origens da habitação social no Brasil. **Análise social**, p. 711-732, 1994.

BRASIL. Lei nº 14.118, de 12 de janeiro de 2021. **Institui o programa casa verde e amarela;** altera as Leis nº 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.100, de 5 de dezembro de 1990. Acesso em 15 mar. 2023.

BRASIL, E. P. E. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano decenal de expansão de energia 2027.** 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades/Gabinete do Ministro. **Portaria nº 643**, de 13 de novembro de 2017. Dispõe sobre as condições gerais para a provisão de sistemas alternativos de geração de energia para empreendimentos destinados à aquisição e alienação com recursos advindos da integralização de cotas no [...] FAR, e contratação de operações com recursos transferidos ao [...] FDS, no âmbito do [...] PMCMV. Ministério das Cidades. Brasília, DF. Ed. 218, pág. 54. 14/11/2017. Seção 1. Acesso em 16 jun. 2023.

BRASIL. **Portaria nº 532**, de 23 de fevereiro de 2022. Dispõe sobre os requisitos técnicos[...] para a contratação de empreendimentos habitacionais e sobre o chamamento de propostas de empreendimentos habitacionais destinados à implementação de protótipos de Habitação de Interesse Social [...]. Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília, DF, Ed. 39, pág. 20. 24/02/2022. Seção 1,. Acesso em 16 jun. 2023.

BRITTO CORREA, C. **Análisis de la viabilidad y comportamiento energético de la cubierta plana ecológica.** 2001. Tese de Doutorado. Arquitetura. Disponível em: <https://l1nq.com/Xja> Acesso em: 26 jun. 2023.

CAMARGO, L. T. **Projeto de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** Londrina: Universidade de Londrina, p. 13-95, 2017.

CAMILÔTO, M. C. **Uso de coberturas vegetadas em edificações.** 2020. Disponível em: <https://encr.pw/wTRTb> Acesso em 26 jun. 2023

CAMUS, A. **Discours de Suède – Prix Nobel 1957.** Edição da Coleção Folio. Paris: Gallimard, 1958 (e 1997 pelo posfácio).

CLAUS, K.; ROUSSEAU, S. **Incentivos públicos versus privados para investir em coberturas vegetadas: uma análise custo-benefício para Flandres.** Floresta urbana e arborização urbana, v. 11, n. 4, pág. 417-425, 2012.

CEF, Caixa Econômica Federal GIDUR-VT. **Cadernos CAIXA-projeto padrão-casas populares-42m².** Vitória: CEF, 2007.

COELHO, S.S.C.; SOUZA, P.C. **Fundamentos Marxistas para Explicar a Contradição de Classes no Espaço Urbano: Algumas Mediações Válidas do Clássico Contemporâneo.** In: Encontro Nacional de Pesquisadores em Serviço Social, Vitória: UFES, 2018.

DE MEDEIROS, M. R. L.; COELHO, C. J. Habitação de interesse social com ênfase na sustentabilidade. *In: IV Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente - SNCMA*, Anápolis/GO: UniEvangélica, 2013.

EDP BRASIL. **Tarifas Vigentes**. Disponível em <https://www.edp.com.br/tarifasvigentes/>. Acesso em: 20 jun. 2023

EDP BRASIL. **Entenda sua conta**. Disponível em <https://l1nq.com/hko4L>. Acesso em: 20 jun. 2023

ENGELS, F. **Para a questão da habitação**. Lisboa, Edições Avante, 1984.

FECHIO, F.; MARICATO, E. **A luta pelo direito de morar**. TRAVESSIA-revista do migrante, n. 14, p. 25-29, 1992.

FILHO, M.S.; REIS-ALVES, L.A.; SCHUELER, A. S; ROLA, S. M. **Além de um Diálogo Reservado com as Estrelas: O Processo de Formação e Transformação do Terraço Jardim ao Cobertura vegetada**. RCT – Revista de Ciência e Tecnologia, Editora UFRR, 2015, vol.1.

GEHL, J. **Cidade para Pessoas**. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 2015

GANTOIS, M. M. C. et al. **Desenvolvimento sustentável na construção civil e a certificação ambiental: estudo de caso na sede do Sinduscon/BA**. SEMOC-Semana de Mobilização Científica-Alteridade, Direitos Fundamentais e Educação, 2018.

Grama Esmeralda. **Itograss**. Disponível em: <https://encr.pw/qp81I>. Acesso em 26 jun. 2023

KAEFER, L. F. **A evolução do concreto armado**. São Paulo, v. 43, 1998.

LOPES, D. W. O. **Implementação de Sistemas Fotovoltaicos em Habitações de Interesse Social no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida**. 2021. Disponível em: <https://encr.pw/niLTB>. Acesso em: 26 jun. 2023.

LUCINI, H. C. **Habitação Social: procurando alternativas de projeto**. UNIVALI Editora, Universidade do Vale do Itajaí, 2003.

MARX, K. O Capital - Livro III. **O processo global de produção capitalista**. Tradução: Rubens Enderle. São Paulo: Boitempo, 2017.

NOGUEIRA, E. **Análise de investimento**. In: BATALHA, M. O. (Coord). Gestão agroindustrial. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007. p. 205-266.

OLIVEIRA, J. D.; CARVALHO, L. C. **Viabilidade técnica e econômica para um cobertura vegetada para município de varginha/mg**. -, 2018.

OLIVEIRA, V. F. **Do BNH ao Minha Casa Minha Vida: mudanças e permanências na política habitacional**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 15, n. 50, p. 36-53, 2014.

OLIVEIRA, S. H. R. de et al. **Cobertura vegetada: uma possibilidade sustentável.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar.** São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 26 jun. 2023.

RAMOS, E. C. **Educação ambiental: origem e perspectivas.** Educar em Revista, p. 201-218, 2001.

RODRIGUES, B. V.; CABRAL, R. P. S. **Cobertura vegetada: análise comparativa entre cobertura vegetada e telhado convencional.** 2020, 47p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade Evangélica de Goianésia. 2020.

SCARPATTI, M. P. et al. **Energia solar no Espírito Santo: tecnologias, aplicações e oportunidades.** 2014. Disponível em: <https://acesse.one/GdBSm>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E INDÍCES. **Referências dos sistemas de construções: preços e tabelas de mercado.** 2023. Disponível em: <https://l1nk.dev/2h6A5>. Acesso em: 26 jun. 2023.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** Editora UFSC, 2004.

UNICEF et al. **Objetivos de desenvolvimento sustentável: ainda é possível mudar 2030.** 2021.