

## **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL NA VEDAÇÃO E COBERTURA DE UMA HABITAÇÃO POPULAR**

VANESSA MAIARA RODRIGUES DOS SANTOS<sup>1</sup>, ANA ELISA PÉRICO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, vanessa.ufg14@gmail.com;

<sup>2</sup>Dr.<sup>a</sup> em Engenharia de Produção. Prof.<sup>a</sup> Associada, UNESP, Araraquara-SP, ana.perico@unesp.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

### **RESUMO:**

A construção civil é responsável por consumir uma grande parcela de recursos naturais. Parte considerável da matéria-prima é retirada do meio ambiente, o que torna o setor um ator importante na degradação ambiental. Nos últimos anos, a construção civil vem demonstrando maior preocupação sobre os impactos ambientais, no entanto, ainda sem políticas sistêmicas que incentivem o uso de produtos ecologicamente corretos. Tendo isso em consideração, o objetivo desse artigo é comparar a vedação e a cobertura de habitações populares, em modelos de construções convencional e sustentável, analisando aspectos de viabilidade econômica e ambiental, evidenciando uma alternativa ecológica, sem acréscimo de valor e qualidade da obra. A técnica utilizada para a análise de viabilidade econômica foi o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE); para a análise de viabilidade ambiental, foram consultadas informações de fornecedores e normas técnicas. Os resultados encontrados apontam para a superioridade ambiental e econômica da vedação e cobertura de habitações populares sustentáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tijolo solo-cimento; Telhado ecológico; Sustentabilidade; Valor Anual Uniforme Equivalente.

## **ANALYSIS OF ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL FEASIBILITY IN SEALING AND COVERING A POPULAR HOUSING**

### **ABSTRACT:**

Civil construction is responsible for consuming a large portion of natural resources. A considerable part of the raw material is extracted from the environment, which makes the sector an important player in environmental degradation. In recent years, civil construction has shown greater concern about environmental impacts, however, still without systemic policies that encourage the use of environmentally friendly products. With this in mind, the objective of this article is to compare the fencing and coverage of popular housing, in models of conventional and sustainable construction, analyzing aspects of economic and environmental viability, showing an ecological alternative, without adding value and quality to the work. The technique used for the analysis of economic viability was the Equivalent Uniform Annual Value (EUAV); for the analysis of environmental feasibility, information on suppliers and technical standards were consulted. The results found environmental and economic superiority of the fencing and coverage of sustainable popular housing.

**KEYWORDS:** Soil-cement brick; Ecological roof; Sustainability; Equivalent Uniform Annual Value.

### **INTRODUÇÃO**

A construção civil, mais do que qualquer outra atividade econômica, é responsável por consumir uma grande parcela de recursos naturais. Estima-se que cerca de 50% da matéria-prima seja

retirada do meio ambiente, tornando este setor um vilão da sustentabilidade (Torgal & Jalali, 2010). Nota-se que, nos últimos anos, o setor tem demonstrado maior preocupação com os impactos ambientais. Um levantamento realizado em 2005 apontou que metade dos resíduos sólidos urbanos (RSU) são os resíduos de construção e demolição (RCD), provenientes da construção civil, cerca de 68,5 milhões de ton./ano (Ângulo, 2005).

O impacto ambiental causado pela construção civil vai da extração de matéria-prima à demolição. Preocupando-se com o esgotamento dos recursos naturais e impactos ambientais, é necessário que os materiais empregados em uma construção comecem a ser mais sustentáveis, como materiais reciclados, energias renováveis e tecnologia limpa. O governo precisa empregar essas técnicas construtivas em exemplos concretos, como obras públicas, inclusive em obras habitacionais, que são totalmente imunes a essa abordagem ecológica (Agopyan & John, 2016). Uma política contínua e organizada sobre sustentabilidade atenderia às necessidades da sociedade e do meio ambiente.

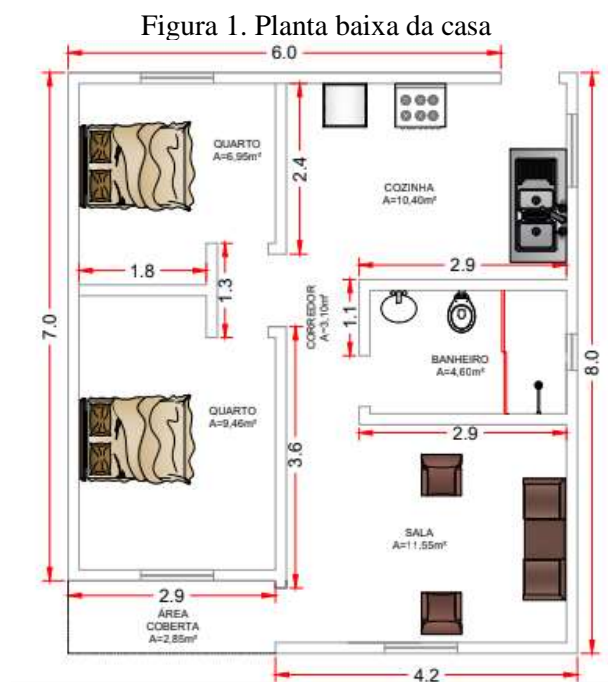
Nesse sentido, o objetivo desse artigo foi comparar dois itens de grande representatividade na construção de habitações populares, em modelo de construção convencional, analisando aspectos de viabilidade econômica e ambiental, evidenciando uma alternativa ecológica, sem acréscimo de valor e alteração na qualidade da obra. É necessário salientar que não existem métodos construtivos que não gerem impactos, mas é possível, sim, encontrar formas de minimizá-los.

## MATERIAL E MÉTODOS

Essa seção tem como objetivo apresentar as especificações metodológicas da presente pesquisa. Nesse sentido, serão destacados os seguintes itens: especificações técnicas e orçamentárias do projeto habitacional; especificações financeiras para a análise de viabilidade econômica.

### Especificações técnicas e orçamentárias do projeto

A planta baixa da casa apresentada, elaborada por uma das autoras, é baseada nos modelos de casas populares de programas de habitação para mutuários de baixa renda. Sendo assim, possui 48,9m<sup>2</sup>, distribuídos em dois quartos, uma sala, uma cozinha e um banheiro. O referido projeto foi feito em AutoCAD e será apresentado na próxima seção. A Figura 1 apresenta a planta baixa da casa.



Fonte: Própria autoria (2020).

A ideia principal foi, a partir dos itens mais representativos da construção da casa (em termos de execução física e orçamentária), fazer um comparativo entre uma casa popular convencional e uma

casa popular com características mais sustentáveis. Nesse sentido, os itens selecionados para a comparação foram: a vedação, a cobertura, o revestimento e a pintura. As Tabelas 1 e 2 apresentam os orçamentos para a casa popular nas duas versões.

Tabela 1. Orçamento modelo casa popular convencional

Item	Código	TABELA	Descrição dos Serviços	Unid.	Quant.	V.Unit.	V.Total
1.0			Vedação			Subtotal	R\$ 6.583,68
			Alvenaria de vedação				
1.1	87504	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL.	M2	115,2	R\$ 57,15	R\$ 6.583,68
2.0			Revestimento de parede			Subtotal	R\$ 3.415,68
2.1	87879	SINAPI	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO	M2	115,2	R\$ 2,97	R\$ 342,14
2.2	87504	SINAPI	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8	M2	115,2	R\$ 26,68	R\$ 3.073,54
3.0			Pintura			Subtotal	R\$ 1.078,27
3.1	88487	SINAPI	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS.	M2	115,2	R\$ 9,36	R\$ 1.078,27
4.0			Cobertura			Subtotal	R\$ 3.016,86
4.1	92543	SINAPI	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATE 2 ÁGUAS PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO	M2	65,3	R\$ 16,28	R\$ 1.063,08
4.2	94210	SINAPI	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM	M2	65,3	R\$ 29,92	R\$ 1.953,78
			Total geral				R\$ 14.094,49

Fonte: Própria autoria (2020).

Tabela 2. Orçamento modelo casa popular sustentável

Item	Código	TABELA	Descrição dos Serviços	Unid.	Quant.	V.Unit.	V.Total
1.0			Vedação			Subtotal	R\$ 4.501,00
			Alvenaria de vedação				
1.1	1	COTAÇÃO	TIJOLO ECOLÓGICO 7,5cm x 12,5cm	UN	6.190	R\$ 0,70	R\$ 4.333,00
1.1	2	COTAÇÃO	ARGAMASSA POLIMÉRICA COLA BLOCO (UBETON)	UN	3	R\$ 56,00	R\$ 168,00
2.0			Revestimento de parede			Subtotal	R\$ -
2.1	87879	SINAPI	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO	M2	0	R\$ 2,97	R\$ -
2.2	87504	SINAPI	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8	M2	0	R\$ 26,68	R\$ -
3.0			Pintura			Subtotal	R\$ 249,99
3.1	3	COTAÇÃO	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS.	un	1	R\$ 249,99	R\$ 249,99
4.0			Cobertura			Subtotal	R\$ 2.695,58
4.1	92543	SINAPI	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATE 2 ÁGUAS PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO	M2	65,3	R\$ 16,28	R\$ 1.063,08
4.2	4	COTAÇÃO	TELHAMENTO COM TELHA ECOLÓGICA ONDULINE E = 3 MM	M2	65,3	R\$ 25,00	R\$ 1.632,50
			Total geral				R\$ 7.446,57

Fonte: Própria autoria (2020).

Importante destacar que, para os orçamentos dos itens para as duas versões da casa, foi utilizado, principalmente, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2020), tabela de abril de 2020. Além deste, para alguns itens da casa popular sustentável, foram necessárias cotações. As cotações foram realizadas junto a três empresas do Distrito Federal, sendo as cotações de menor valor as fornecidas pelas empresas, dos produtos “Oito tijolos modulares” (para os tijolos) e “Pinezi”, com data de maio de 2020.

### Especificações financeiras para a análise de viabilidade econômica

A análise de viabilidade permite que sejam comparadas opções de investimentos. Entende-se, portanto, a construção de uma casa como um importante investimento, nem sempre disponível para todos os cidadãos. Para o caso de habitações populares, mais do que um investimento, representa uma forma de garantir condições de moradia adequadas.

Nesse sentido, a técnica empregada será o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), também conhecido na literatura como Custo Anual Uniforme. Importantes autores, como Assaf Neto (2016) e Samanez (2010), destacam a relevância da técnica, especialmente para a função de distribuir todo o custo do projeto na sua vida útil, tendo em consideração uma taxa de juros.

Para o caso em pauta e, considerando que se trata de casas populares, a taxa de juros utilizada foi a taxa da CEF vinculada à programas de moradias de baixa renda, portanto, subsidiada. A taxa efetiva para o período de maio de 2020 é de 5,1161% a.a., disponível no site do banco. O valor dos projetos é aquele vinculado aos itens apresentados nas Tabelas 1 e 2, que representam o valor presente (PV) dos itens. Em relação ao horizonte temporal do investimento, e tendo em conta que uma casa representa um ativo de longo prazo, optou-se por trabalhar com horizontes de 10 a 30 anos, ou seja, 120, 240 e 360 meses. A Equação 1 apresenta a formulação matemática da técnica.

$$PMT = \frac{PV}{\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

PV: Valor dos itens de investimentos na data atual; i: taxa de juros; n: horizonte temporal; PMT: custo periódico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 3 e 4 apresentam o resultado da aplicação da técnica VAUE para a casa popular na versão convencional e na versão sustentável, respectivamente. É importante que se destaque, conforme já mencionado, que a técnica foi aplicada nos valores correspondentes aos itens mais representativos da construção da casa, não representando o custo total da habitação.

Tabela 3. Custos periódicos – 10, 20 e 30 anos: Casa popular: vedação convencional

Valor do financiamento	RS	14.094,49	Valor do financiamento	RS	14.094,49	Valor do financiamento	RS	14.094,49
i % (anual)		5,1161	i % (anual)		5,1161	i % (anual)		5,1161
i % (mensal)		0,4167	i % (mensal)		0,4167	i % (mensal)		0,4167
n (meses)		120	n (meses)		240	n (meses)		360
Prestação periódica	RS	149,49	Prestação periódica	RS	93,02	Prestação periódica	RS	75,66

Fonte: Própria autoria (2020).

Tabela 4. Custos periódicos – 10, 20 e 30 anos: Casa popular: vedação sustentável

Valor do financiamento	RS	7.446,58	Valor do financiamento	RS	7.446,58	Valor do financiamento	RS	7.446,58
i % (anual)		5,1161	i % (anual)		5,1161	i % (anual)		5,1161
i % (mensal)		0,4167	i % (mensal)		0,4167	i % (mensal)		0,4167
n (meses)		120	n (meses)		240	n (meses)		360
Prestação periódica	RS	78,98	Prestação periódica	RS	49,14	Prestação periódica	RS	39,97

Fonte: Própria autoria (2020).

Em um primeiro momento, compete apontar que os custos acumulados (valor do financiamento) da casa popular sustentável representam 52,8% dos custos da casa em modelo convencional. A análise econômica reforça a viabilidade da construção da casa popular sustentável, já que a prestação periódica, seja para 10, 20 ou 30 anos de financiamento, é bastante inferior à prestação observada no financiamento da casa convencional.

Em relação à análise ambiental, os materiais ecológicos escolhidos para substituir os convencionais, quando comparados, apresentam grandes vantagens. O telhado ecológico possui certificação de sustentabilidade EDP, garantindo que os materiais reciclados utilizados na fabricação ultrapassem a margem de 50%. Uma característica muito importante é o peso inferior, quando comparado com uma telha de fibrocimento: com apenas 3,4kg/m<sup>2</sup>, a telha ecológica chega a ser 5 vezes mais leve, facilitando o transporte e a instalação, além de ter baixa absorção de água, o que não gera aumento no peso (ONDULINE, 2020). O telhado de fibrocimento pesa em torno de 14 a 16kg/m<sup>2</sup> e tem absorção entre 25 e 30% (BRASILIT, 2020), acarretando aumento considerável em seu peso, gerando sobrecarga na estrutura do telhado.

O telhado ecológico, além de ser sustentável, tem outras vantagens como: maior resistência a queda de objetos, melhor estética, proporciona ambientes dois graus mais frios que telhas de

fibrocimento, gerando melhor conforto térmico e contém 15 anos de garantia. Além disso, quando testado em túneis de vento, suporta vendavais de até 250km/h (ONDULINE, 2020).

O tijolo solo-cimento possui características vantajosas quando comparado ao tijolo convencional (cerâmico). O seu processo de fabricação descarta a queima do bloco, o que zera a emissão de gases como o CO e CO<sub>2</sub>, sendo que se estima que a indústria de tijolos cerâmicos produza cerca de 400.000 ton./ano (Torgal & Jalali, 2010).

O bloco cerâmico deve resistir à compressão de  $\geq 1,5$  Mpa, de acordo com a norma NBR 15270 (ABNT, 2005), valor inferior quando comparado ao recomendado para o tijolo solo-cimento, que é  $\geq 2,0$  MPa pela norma NBR 8492 (ABNT, 2012), isso gera maior durabilidade e resistência mecânica. Entre outros benefícios na utilização do tijolo solo-cimento, o assentamento dos tijolos demanda pouca argamassa ou cola PVA, o que reduz o consumo de água, areia, cimento e argamassa, podendo também ser usado de forma aparente, minimizando os gastos com revestimentos. Nas áreas úmidas, a argamassa pode ser aplicada diretamente no revestimento. No processo de instalações elétricas e hidráulicas, quase não há necessidade de rasgo na alvenaria, pois elas são executadas em vãos existentes nos blocos, o que também caracteriza redução nos resíduos sólidos da construção.

## CONCLUSÃO

O resultado da análise de viabilidade econômica e ambiental levantado neste artigo aponta que os materiais ecológicos, quando comparados aos convencionais, são mais vantajosos nos dois quesitos, apresentando uma economia de 47,2% e características menos invasivas ao meio ambiente. Dessa forma, concluímos que o tijolo solo-cimento e o telhado ecológico são uma alternativa viável para o modelo construtivo.

A partir dos resultados encontrados, nota-se que o emprego de materiais sustentáveis é de grande valia no setor. Considerando que o governo, nas esferas federal, estadual e municipal, é responsável por grande quantidade de obras, a empregabilidade dos materiais e métodos sustentáveis em obras públicas seria uma forma de incentivar profissionais e consumidores a utilizarem de forma consciente os insumos produtivos.

Para trabalhos futuros, seria interessante incorporar outras fases da construção, complementando assim o estudo de análise de viabilidade econômica, ambiental e social do empreendimento.

## REFERÊNCIAS

- Agopyan, V.; John, V. O desafio da sustentabilidade na construção civil. São Paulo: Blucher, 2011.
- Ângulo, S. C. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos. São Paulo: USP, 2005. 236f. Tese. (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana).
- Assaf Neto, A. Matemática financeira e suas aplicações. São Paulo: Atlas, 2016.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270: Componentes cerâmicos. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento. Rio de Janeiro, 2012.
- BRASILIT. Produtos – especificações técnicas. Disponível em: <https://www.brasilit.com.br/produtos/telha-fibrocimento-ondulada>. Acesso em: abril, 2020.
- ONDULINE. Produtos – especificações técnicas. Disponível em: <https://br.onduline.com/pt-br/consumidor/produtos/telha-ecologica-onduline-classica>. Acesso em: abril, 2020.
- Samanez, C. P. Matemática financeira. São Paulo: Pearson, 2010.
- SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Referências de preços e custos. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>. Acesso em: maio, 2020.
- Torgal, F. P.; Jalali, S. A sustentabilidade dos materiais de construção. São Paulo: TecMinho, 2010.