

18º Congresso Nacional de Iniciação Científica

**TÍTULO:** ESTUDO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL EM CIDADES INTELIGENTES: SMART CITY LAGUNA? ? ?

**CATEGORIA:** CONCLUÍDO

**ÁREA:** CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

**SUBÁREA:** Engenharias

**INSTITUIÇÃO(ÕES):** CENTRO UNIVERSITÁRIO DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA - CEUN-IMT

**AUTOR(ES):** RENATO CATTANI JUNIOR, MARCELLO YUDI OKUYAMA, FRANCISCO MIGUEL BANDUK ALVES, NICOLAS ELIAS CORTE IMPERIAL CARNEIRO

**ORIENTADOR(ES):** CARLOS ALBERTO DE MOYA FIGUEIRA NETTO

## **1. RESUMO**

Este trabalho tem como estudo e técnicas utilizadas atualmente em construções sustentáveis. A metodologia baseia-se em analisar possíveis medidas e inovações sustentáveis encontradas em construções residenciais. Esta análise visa selecionar medidas com maior potencial socioeconômico, ambiental, por fim, realizar um estudo de caso na Smart City Laguna. No estudo de caso, verificou-se as medidas atuais com as propostas sustentáveis para analisar o impacto econômico, social e ambiental.

Palavras chave: 1. Sustentabilidade, 2. Smart City, 3. Tijolo Ecológico, 4. Telha Ecológica, 5. Ventilação Cruzada

## **2. INTRODUÇÃO**

Os impactos tanto sociais, econômico como ambientais, produzidos por novas edificações são inúmeros, tendo em vista que muitos materiais de construção civil não são renováveis. Entretanto várias medidas podem ser adotadas para minimizar ou até evitar os impactos. Utilizando a tecnologia e novos materiais podemos minimizar os impactos gerados pela construção sejam ambientais, sociais e econômicos.

Para estudar a implementação de boas práticas de métodos sustentáveis, foi escolhido o estudo de caso da Smart City Laguna, a primeira cidade inteligente social do mundo, localizada em Fortaleza no Ceará, essa cidade tem como objetivo utilizar a inovação tecnológica para tornar a vida mais econômica, sustentável e social.

Para analisar as medidas de inovações que são encontradas hoje no mercado, é necessário fazer uma avaliação de alguns critérios, como redução do tempo de obra, diminuição de resíduos gerados, redução dos impactos na vizinhança e nos recursos naturais, custo e acessibilidade. Essa análise de medidas complementares às propostas visa diminuir ainda mais os impactos ambientais gerados no projeto e na construção da Smart City Laguna.

### 3. OBJETIVO

Analisar modelos e métodos de construções sustentáveis que reduzam o impacto gerado pela construção civil, mensurando os aspectos ambiental, social e econômico. Além disso, analisar a viabilidade dos métodos estudados para implantação em um modelo de cidade inteligente, na Smart City Laguna do Ceará.

### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração de um empreendimento sustentável o grupo levou em consideração algumas premissas a serem analisadas, estas são: 1) Redução significativa do tempo de obra; 2) Redução do impacto para vizinhança; 3) Redução dos resíduos gerados; 4) Redução do uso de recursos naturais; 5) Isolamento térmico e acústico; 6) Retorno financeiro.

Essas premissas foram definidas a partir das especificações necessárias para que uma construção residencial seja considerada sustentável. Possibilitando um melhor desenvolvimento da obra, além de reduzir seus custos.

De tal modo, será feita uma análise de possíveis medidas e inovações sustentáveis encontradas em construções atuais para atender às premissas determinadas. Esta análise visa selecionar medidas com maior potencial de praticabilidade em obras e identificar suas principais características.

TABELA 1 – PREMISSAS E MEDIDAS ANALISADAS

	PREMISSAS	REDUÇÃO DO TEMPO DE OBRA	REDUÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS	REDUÇÃO DO IMPACTO PARA VIZINHANÇA	REDUÇÃO DO USO DE RECURSOS NATURAIS	ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO	CUSTO	ACESSIBILIDADE
M E D I D A S  A N A L I S A D A S	STEEL FRAME	x	x	x		x		x
	EPS	x	x	x		x	x	x
	TUOLO ECOLÓGICO	x	x	x	x	x	x	x
	TEIHAS ECOLÓGICAS		x		x	x		x
	TELHADO VERDE			x	x		x	
	SISTEMA DE ARMAZENAMENTO			x	x		x	x
	REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS			x	x		x	x
	VENTILAÇÃO CRUZADA			x	x		x	x
	ENERGIA SOLAR					x	x	

FONTE: Autores

Após conversas com a CEO da empresa e o engenheiro técnico responsável foram decididos alguns materiais para o estudo, entre eles, o tijolo ecológico, telhas ecológicas e ventilação cruzada.

## **4. DESENVOLVIMENTO**

### **4.1. TIJOLO ECOLÓGICO**

Segundo o projeto de lei nº 434, de 2012 a assembleia legislativa do estado de São Paulo decreta pelo artigo 1º parágrafo único "Entende-se por tijolo ecológico aquele tijolo que prescinde da queima para alcançar a resistência adequada à construção civil, sendo ainda constituído da mistura de solo-cimento na proporção de 10:1 (dez para um), prensado e curado à temperatura ambiente".

Para medir a qualidade do tijolo solo-cimento é necessário analisar o empacotamento dos grãos do solo depois da compactação, resultando em um material de alta densidade e baixa porosidade. Para modelagem do tijolo é utilizado um equipamento que tem papel fundamental, pois ele que regula as características produtivas e a taxa de compactação, conforme avaliações de FARIA (1990).

O Processo de modelagem indicado pela ABCP (1998) visa estabelecer a regularidade dimensional das faces dos tijolos, tendo como objetivo um menor consumo de argamassa de revestimento e assentamento. A modelagem resulta em design diferenciados dando a possibilidade de encaixes podendo reduzir o consumo de argamassa e o assentamento a zero, conforme a ASSIS (1995).

#### **4.1.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS**

Além da questão ambiental, o bloco de solo-cimento possui diversas vantagens no âmbito da construção. Eles possuem um formato modular que permite o perfeito encaixe entre eles, tornando possível seu assentamento fazendo uso apenas de cola PVA, esse fato torna a obra mais rápida e gera menos resíduos tornando a obra mais limpa. Outro benefício gerado pelo seu formato é o fato de seus furos, quando assentados formarem dutos que podem ser preenchidos com concreto, formando assim os grautes (colunas estruturais),

e os blocos canaletas em formato de "U" também podem ser preenchidos com concreto gerando cintas de amarração, desse modo não é necessário o uso de madeiras para caixarias o que reduz ainda mais o custo, tempo e resíduos da obra. Na figura 11 estão exemplos de grautes e cintas de amarração utilizando o tijolo ecológico.

FIGURA 11 – EXEMPLOS DE GRAUTE E CINTA DE AMARRAÇÃO



FONTE: Construções Verdes, 2017

Os furos que não foram concretados permitem que o ar circule dentro das paredes proporcionando assim um conforto térmico além do isolamento acústico gerado por esse mesmo ar reduzindo os ruídos externos. Além das camadas termo acústicas os dutos gerados servem como condutores para rede elétrica e hidráulica, evitando assim a quebra das paredes na vertical, como fica evidenciado na figura 13 abaixo.

FIGURA 13 – PAREDE FEITA DE TIJOLO ECOLÓGICO



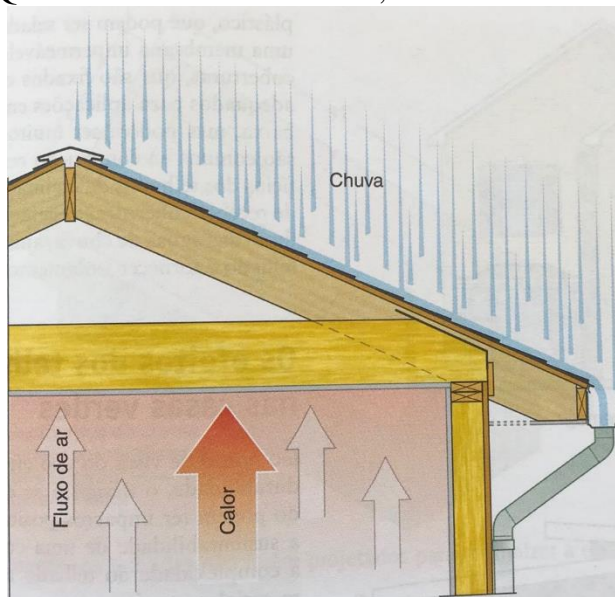
FONTE: Ecomáquinas, 2017

Porém o tijolo ecológico também possui algumas desvantagens, podendo ser citadas com as principais, a necessidade de uma mão de obra especializada para sua aplicação, suas dimensões diferentes das convencionais utilizadas atualmente e o seu peso mais elevado por se tratar de um bloco prensado e denso.

#### 4.2. TELHAS ECOLÓGICAS

Sabe-se segundo perspectivas científicas que o telhado desempenha um papel fundamental no manejo de fluxo de calor, ar e umidade na casa como visto na figura 14, para isto o material a ser utilizado no mesmo é de extrema importância, uma vez que interfere não só na eficiência dos recursos como causa sérios impactos em torno da residência, efeito ilha de calor.

FIGURA 14 – ESQUEMA DE FLUXO DE AR, CALOR E CHUVA NO TELHADO



FONTE: Ugreen, 2018

O grande problema da construção de telhados de forma inadequada, é que deste modo há possibilidade da entrada de umidade na estrutura podendo causar corrosão também permitindo a entrada e saída de calor, ar e vapor no espaço climatizado. Para minimizar esses problemas a concepção do telhado como parte de todo o sistema da residência é fundamental. Esse sistema é muito importante no isolamento térmico da residência e fundamental no quesito de eficiência energética, por influenciar diretamente o conforto térmico das construções e conseqüentemente no consumo de energia.

Em relação aos fatores citados anteriormente, foram criadas as telhas feitas a partir de materiais reciclados que além de desempenhar o papel fundamental citado acima também possuem em sua fabricação processos menos prejudiciais ao meio ambiente. Um exemplo são as telhas feitas a partir de embalagens Tetrapak®.

As embalagens Tetrapak® são compostas de diversos materiais provenientes das embalagens, entre eles papel, polietileno de baixa densidade e alumínio, organizados em diversas camadas, formando uma barreira que impede a passagem de luz, ar, água e microrganismos.

O processo de fabricação das telhas pode ser resumido em fusão do material triturado sob pressão e resfriamento para cura e endurecimento das camadas plásticas já nas formas onduladas.

A telha ecológica por ser aluminizada possui uma durabilidade e resistência superior quando comparada com outras telhas, além disso possui o efeito de reflexão da luz solar o que diminui o efeito do calor dentro dos ambientes, o alumínio em sua composição chega a isolar a temperatura de 25% a 30%, de acordo com estudos feitos na Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, da Universidade de Federal de Campina Grande. Nesse estudo também foi constatado que a telha ecológica chega a ter uma redução de aproximadamente metade de seu peso (12kg) em relação as telhas de fibrocimento.

Além disso nos estudos realizados na Universidade de Federal de Campina Grande foram realizados testes comparativos entre os dois modelos de telhas exibidos na figura 15, entre os testes estão resistência à tração e resistência à flexão.



Figura 15: amostra de telhas ecológicas e de fibrocimento

Como exibido nas tabelas X e Y abaixo, as telhas ecológicas alcançaram resultados superiores as telhas de fibrocimento. Nos testes de tração as telhas ecológicas suportaram uma força maior e obtiveram um alongamento de ruptura superior. Já no teste de flexão mais uma vez as telhas tiveram resultados com carga de ruptura e um módulo de flexão maior que as convencionais.

Propriedades	Telha Ecológica	Telha Fibrocimento
Área (m <sup>2</sup> )	1,27x10 <sup>-4</sup>	9,34x10 <sup>-5</sup>
Força(N)	1724,25	480,43
Tensão na ruptura(MPa)	14,39	5,16

Tabela X: Resultados de testes de resistência a tração.

Propriedades	Telha Ecológica	Telha Fibrocimento
Área (m <sup>2</sup> )	1,35x10 <sup>-4</sup>	9,34x10 <sup>-5</sup>
Força(N)	88,46	24,27
Carga de Ruptura(N)	4,27	1,28
Módulo da flexão(MPa)	1,50	0,83

Tabela Y: Resultados de teste de resistência a flexão

Foi realizado também teste de absorção de água onde foram confeccionados 5 corpos de prova para cada tipo de telha, sendo que no final do experimento a absorção de água da telha ecológica foi de 0,53% e a absorção de água da telha de fibrocimento foi de 23,43%. Podendo ser interpretado principalmente devido a composição plástica das telhas recicladas.

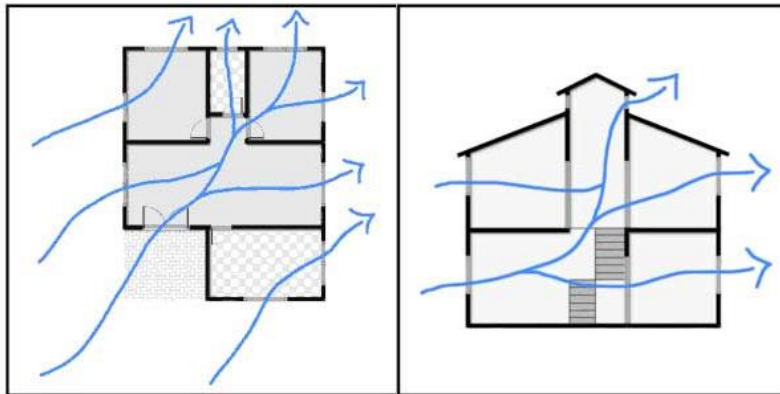
Sendo assim o uso das telhas ecológicas é recomendado uma vez que possuem não só o benefício ecológico, mas também em relação as suas propriedades físico-químicas, além de por serem mais leves do que as convencionais podem reduzir o gasto com o madeiramento da estrutura dos telhados trazendo assim uma redução do custo da obra.



### 4.3. VENTILAÇÃO CRUZADA

A ventilação cruzada é uma técnica arquitetônica que ajuda a refrescar e ventilar o ambiente, essa manobra consiste no posicionamento dos vãos seguindo a direção do vento predominante, de forma que o ar entre por uma janela e saia por outra imediatamente oposta. Esse sistema é empregado tanto na horizontal quanto na vertical, como pode ser visto nas figuras 16,

FIGURA 16 – COMPORTAMENTO DO VENTO



FONTE: Fórum da Construção, 2016

Existem diversas maneiras para implementação com uma melhor ventilação interna residencial, entre elas a construção de janela com vãos maiores aumentando a possibilidade de promover mais circulação do vento. Para implementação deste método o ideal é poder criar uma corrente de ar com uma porta ou uma outra janela posicionada ao lado oposto.

Um dos problemas da aplicação deste método é a perda relativa da privacidade, por conta das janelas e vãos de grande porte, porém isso pode ser facilmente corrigido utilizando-se janelas com bandeiras ou cortinas por exemplo.

## **5. RESULTADO**

Com o estudo de caso realizado, obtiveram-se os custos e a economia que as medidas gerariam para o projeto residencial. Contudo, para demonstrar a viabilidade do empreendimento sustentável, foi necessário calcular se ele possuirá retorno financeiro por meio da economia gerada pelas medidas.

Para o desenvolvimento dos resultados foi necessária uma comparação de orçamento entre o método construtivo convencional e o proposto no trabalho, a partir de uma planta piloto disponibilizada pela empresa responsável pelo empreendimento.

## **6. CONCLUSÃO**

Terminada a análise dos impactos ambientais causados pela construção convencional e a construção utilizando materiais sustentáveis, fica claro um grande benefício socioambiental tanto na região da Smart City quanto no entorno. Além disso a viabilidade econômica de materiais como tijolo solocimento, telhas ecológicas e ventilação cruzada é essencial para competitividade do projeto.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aryane Spadotto. **Impactos ambientais causados pela construção civil**. Disponível em:

<[https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acsa/article/viewFile/745/pdf\\_232](https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acsa/article/viewFile/745/pdf_232)>. Acesso em 18/03/2018

KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde: Princípios e Práticas na construção Residencial**. 1ª edição. Cenge Learning, 664p

Caroline das Graças Roth. **Construção Civil e a Degradação Ambiental**. Paraná, 2009.

Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/752/75212355006/>> Acesso em 20/03/2018

Ailson Oldair Barbisan. **Impactos ambientais causados pela construção civil**. Disponível

em: <<https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acsa/article/view/745>> Acesso em: 21/03/2018

Antônio Henrique Correa de Freitas. **Construção Sustentável: Benefícios e Desafios**.

Curitiba, Parana. Disponível em:

<[http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta\\_upload/artigos/a149.pdf](http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a149.pdf)>. Acesso em 02/04/2018.

Carlos Leite. **Cidades inteligentes, Cidade Sustentáveis**. Maceió, Alagoas. Disponível em:

<<http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/cidadessustentaveis.pdf>>. Acesso em: 02/04/2018.

FERRÃO, André; Zuffo, Antonio. **Indicadores de Sustentabilidade em Engenharia: Como Desenvolver**. São Paulo, Elsevier, 2016, 368p.

**Tijolo de Solo-Cimento: Conheça o que é e seus benefícios para a construção**. Disponível em:

<<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/42/392-tijolo-ecologico-traz-beneficios-a-construcao-.html>>. Acesso em 20/05/2018.

Kenji Motezuki, Fabio. **ANÁLISE COMPUTACIONAL DA INFLUÊNCIA DAS ABERTURAS NA VENTILAÇÃO CRUZADA**. 2005, 11p. Disponível em:

< [http://www.infohab.org.br/encac/files/2005/ENCAC05\\_1280\\_1289.pdf](http://www.infohab.org.br/encac/files/2005/ENCAC05_1280_1289.pdf)>. Acesso em :28/5/2016.