

TERMODINÂMICA DA ECONOMIA: REDUÇÃO DOS CUSTOS DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DO REVESTIMENTO DE PAREDES COM FIBRAS DE COCO E TETRA PAK®

Anderson Willian Neris Almeida; Eduardo Augusto Almeida de Oliveira; Felipe Balieiro Silva; Isaura Cardoso Pantoja¹ Marília Chaves Quintas² Sabrina Gemelli³

RESUMO

O mundo está vivenciando uma profunda mudança climática, causada pela atividade predatória do homem, devido às atividades econômicas exercidas sem preocupação com os impactos causados ao meio ambiente. Devido este fato, enfrentamos altas temperaturas no Brasil, no estado do Amapá à forte incidência dos raios solares, o que gera o registro elevadas temperaturas, o uso de máquinas climatizadoras “ar-condicionado” tornou-se bastante popular, na ânsia pelo conforto térmico. Controlar a utilização de energia é, fundamentalmente, um ato sustentável e que deve ser encorajado, tendo em vista que a produção de energia elétrica vem de uma geratriz de recursos naturais. Assim, o presente trabalho aborda a seguinte questão: visa mensurar o tempo que um ambiente permanecerá frio após o desligamento do sistema de refrigeração. Para que isto ocorra, trabalhou-se o revestimento de um cômodo, aplicando como material isolante fibra de coco e embalagens de Tetra Pak® na formação de painéis. Com isso, demonstrou-se matematicamente a economia que o consumidor pode alcançar adotando este sistema de isolamento térmico de baixo custo e sustentável.

Palavra-chave: Termodinâmica; Conforto térmico; Viabilidade econômica- financeira.

ABSTRACT

The world is experiencing profound climate change, caused by human predatory activity, due to economic activities carried out without concern for impacts on the environment. Due to this fact, we face high temperatures in Brazil, in the state of Amapá due to the strong incidence of sunlight, which generates the record high temperatures, the use of air-conditioning machines became very popular in the yearning for thermal comfort. . Controlling energy use is fundamentally a sustainable act that should be encouraged, given that the production of electricity comes from a natural resource generator. Thus, the present work addresses the following question: aims to measure the time that an environment will remain cold after the cooling system shutdown. For this to happen, the lining of a room will be worked out by applying coconut fiber and Tetra Pak® packaging as insulation material to the panels. Thus, mathematically demonstrate the savings that consumers can achieve by adopting this low cost and sustainable thermal insulation system.

Keyword: Thermodynamics; Thermal comfort; Economic and financial viability.

¹ Acadêmicos do Curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá.

² Docente do Centro de Ensino Superior do Amapá. Me. Profissional em Matemática. Matemática.

³ Docente do Centro de Ensino Superior do Amapá. Me Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente. Química.

1 INTRODUÇÃO

O estado Amapá é um dos que mais sofre com as altas temperaturas fornecidas pela forte incidência dos raios solares e isso torna cada vez indispensável a utilização de aparelhos que refrigerem o ar, no desejo de alcançar uma temperatura confortável para um determinado ambiente. Esses aparelhos condicionadores de ar são responsáveis por encarecer as faturas de energia, por requererem um alto consumo de elétrico.

Visando diminuir os custos e os impactos ambientais provocados pelo consumo elétrico dos aparelhos, é discutida uma maneira de preservar o clima gélido dentro de um ambiente, após o aparelho ser desligado. Isto é, busca-se um método em que, por exemplo, um quarto que precisava permanecer por 8 horas com a central de ar ligada passe a necessitar que esteja ligado por menos tempo e que no período restante continue frio.

Não é de hoje que se fala em medidas que busquem a preservação, tampouco em economizar recursos naturais ou financeiros. Para o revestimento das paredes, são utilizadas diferentes vertentes: **fibra da casca do coco** – material orgânico, e **embalagens Tetra Pak®**, constituído de polietileno, papel e alumínio. Ambos são resíduos dejetados em larga escala e por isso são encontrados com facilidade em qualquer lixo comum. Além disso, suas composições e propriedades combinadas oferecem justamente o que se precisa para a manutenção do conforto térmico de um ambiente: o isolamento térmico. Alguns polímeros, a exemplo do isopor, poliestireno expandido, e a espuma, poliuretano, conseguem exercer com eficácia a função de isolante, porém em nada são sustentáveis, por serem fibras sintéticas.

O interesse pelo estudo desse projeto surgiu pela necessidade de contornar dois problemas atuais: impactos ambientais e crise econômica que assola o país. Em meio às altas tarifas impostas pelas empresas de energia elétricas, este trabalho busca encontrar uma forma de reduzir o tempo de necessidade de funcionamento de uma central de ar, o que acarretará, por consequência, na redução do consumo de energia elétrica, diminuição dos custos na conta de luz e amenização de utilização de recursos naturais, uma vez que a fonte que gera essa energia provém da natureza.

2 ISOLAMENTO TÉRMICO

Para que se alcance um bom isolamento térmico, é necessário que o material isolante possua uma resistência térmica alta. Para isso, ele deve ser um mau condutor de calor.

Quanto menor a condutividade térmica do material que é feita a uma placa, maior a resistência térmica da placa (HALLIDAY, 2009, p. 200). Algebricamente, tem-se que $R = L / k$, onde R é a resistência térmica (unidade no SI definida como $m^2 \cdot K/W$), L é a espessura da placa e k é a condutividade térmica do material.

Tabela 01 - Algumas condutividades térmicas.

Metais		Materiais de construção	
Substância	$k (W/m \cdot K)$	Substância	$k (W/m \cdot K)$
Aço inoxidável	14	Espuma de poliuretano	0,024
Ferro	67	Lã de pedra	0,043
Latão	110	Fibra de vidro	0,048
Alumínio	235	Fibra de coco (8mm)	0,058
Cobre	401	Papelão	0,064
Prata	428	Vidro de janela	1,0

Fonte: Halliday (2009, p. 200); Boabaid Neto (2010, p. 8); Albuquerque et al (2015).

Carlos Boabaid Neto, Doutor em Engenharia Mecânica, aponta que outro fator importante para um bom isolamento térmico é a massa específica do material isolante.

Os metais são muito melhores condutores do que líquidos e gases. Isto era de se esperar, pois nos metais as moléculas estão rigidamente ligadas, e muito mais próximas uma das outras (alta densidade), facilitando a difusão de calor. Materiais isolantes normalmente tem uma densidade muito baixa, razão pela qual não conduzem bem o calor (BOABAID NETO, 2010, p. 5).

Genericamente, materiais de elevada massa específica apresentam maior condutividade, enquanto os de massa específica baixa manifestam menor condutividade térmica.

3 LEI DO RESFRIAMENTO DE NEWTON

Esta lei trata do alcance de equilíbrio térmico de um sistema de dois ou mais corpos com temperaturas diferentes que entram em contato, fazendo com que ocorra troca de calor do corpo mais quente para o mais frio até que atinjam o equilíbrio térmico. A Lei de Resfriamento de Newton afirma que a taxa de variação temporal da temperatura de um corpo é proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e o meio circundante (SEGOBIA; SUSIN; CARGNELUTTI, 2013, p. 3).

Silva *et al* (2003) ressaltam que embora a expressão que dá nome a esta lei soe familiar a estudantes de ciências exatas, é surpreendente que praticamente nenhum livro destinado a esse segmento dê ênfase ao tema nos capítulos referentes à termodinâmica.

Como a quantidade de calor que passa do mais quente para o mais frio por unidade de tempo, dQ/dt , é proporcional à diferença de temperaturas entre o sistema e o ambiente (SILVA *et al*, 2003), algebricamente tem-se que

$$\frac{dQ}{dt} = h A (T - T_a)$$

onde h é o coeficiente de condutividade térmica, A é a área de contato entre o sistema e o meio e T_a é temperatura ambiente. Silva coloca também que a transferência de uma quantidade infinitesimal de calor dQ do sistema ao ambiente é igual a $-C dT$, onde C é a capacidade calorífica de tal sistema e dT é a sua

variação infinitesimal de temperatura devido à transferência, a equação pode ser reescrita como

$$\frac{-C dT}{dt} = h A (T - T_a) \rightarrow \frac{dT}{(T - T_a)} = -\frac{h A}{C} dt$$

$$\frac{dT}{(T - T_a)} = -k dt$$

ao passo que $h A / C$, todos valores constantes, seja representado por k , a constante de resfriamento. Admitindo que no instante $t = t_0$ a temperatura do sistema seja T_0 , e integrando o primeiro membro da equação de T_0 a T e o segundo membro de t_0 até um instante t , ao final tem-se

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a) e^{-kt}.$$

Essa expressão descreve temperatura de um corpo, em função do tempo, após a troca de calor com o ambiente até atingirem o equilíbrio térmico.

4 COCO: DE LIXO ORGÂNICO À FIBRA ISOLANTE

Na busca de um isolante térmico que não transgrida os ideais sustentáveis inseridos na sociedade nos dias atuais, o coco – especificamente a casca – apresenta-se abundantemente como matéria prima postulante a substituir materiais sintéticos, como os polímeros, por exemplo.

No Brasil, tradicionalmente, a cultura do coco ocupa a faixa litorânea do Nordeste, onde é explorada a variedade “Gigante”, responsável pela produção de “coco seco” (FONTES, 2006, p. 9). O gênero *Cocos* é constituído pela espécie de coqueiros *Cocos nucifera L.*, a qual é composta pelas variedades *Typica* (var. Gigante) e *Nana* (var. Anã). Os híbridos de coqueiro mais utilizados são resultantes dos cruzamentos entre essas variedades. O coqueiro é considerado uma das árvores mais importantes do mundo, e sua exploração gera empregos e renda em mais de 86 diferentes países, onde seus frutos podem ser consumidos in natura ou industrializado na forma de mais de 100 produtos e subprodutos, além da raiz, estipe, inflorescência, folhas e casca que geram diversos subprodutos ou derivados de grande interesse econômico (AGEITEC-EMBRAPA, 2007).

Nos últimos anos os materiais monolíticos vêm sendo substituídos por materiais poliméricos reforçados por fibras, devido principalmente a seu baixo custo e boas propriedades mecânicas. Os materiais utilizados como reforço são fibras sintéticas, tais como as fibras de vidro, carbono e aramida. Entretanto, fibras sintéticas apresentam uma série de desvantagens, tais como não são materiais obtidos de fontes renováveis, não são biodegradáveis, entre outros.

Morassi (*apud* BISPO, 2011, p. 8) comenta que as fibras naturais são classificadas consoantes a sua origem. Dividem-se em “mineral (asbesto), animal (lã e seda) e vegetal (sisal, juta, abacaxi, curauá, entre outros), onde esta última é a de maior interesse econômico, devido à grande diversidade da flora mundial e por ser fonte renovável de recursos”.

De acordo com Corradini (2009) a casca do coco verde, assim como a do coco maduro, é constituída por uma fração de fibras e outra denominada de pó. As fibras de coco são materiais lignocelulósicos obtidos do mesocarpo de cocos e caracterizam-se pela sua dureza e durabilidade atribuída ao alto teor de lignina, quando comparadas com outras fibras naturais. Esse material apresenta baixa taxa de degradação, levando mais de 8 anos para completa decomposição. “Como a minimização da geração desse resíduo implicaria a redução da atividade produtiva associada, o seu aproveitamento torna-se uma necessidade” (CORRADINI, 2009, p. 838).

Além disso, a fibra de coco verde apresenta baixa densidade, maleabilidade, porosidade, retenção de água, é inodora, resistente à umidade, amplia a difusão, não é atacada por roedores, não apodrece, não produz fungos, tem condutividade térmica entre 0,043 a 0,045W/mk, possui comportamento ao fogo classe B2 e é isolante termo acústico (SENHORAS *apud* SOUZA, 2015, p. 239).

Apesar das placas de fibra possuem resistência inferior à da madeira, sua capacidade de isolamento térmico demonstra um alto ganho energético com refrigeração, grande necessidade em países de clima tropical como o Brasil, onde é recomendada a aplicação de isolantes térmicos em paredes e tetos para redução do calor proveniente das altas temperaturas (PASSOS *apud* SOUZA, 2015, p. 239).

Por possuir um percentual de celulose mediano e grande concentração de lignina, cerca de duas a quatro vezes os valores existentes em fibras como a juta e o sisal, a fibra de coco apresenta um melhor comportamento térmico em relação às demais. Possui também baixa densidade, grande percentual de alongamento e valores pequenos de resistência à tração e de módulo de elasticidade. Unido a um compósito – utilização de outros elementos, sua tendência é a diminuição do material com bom potencial de alongamento e capacidade de reforço mediana, mas com capacidade de aumento de desempenho da interação fibra-matriz, devido a sua ação aglutinante de lignina. Esta ação do calor na formação de um compósito tem a tendência de aumentar a sua capacidade de interação (PASSOS *apud* SOUZA, 2015, p. 240).

A utilização da fibra de coco na confecção de chapas com a finalidade de isolamento termo acústico, tem ganhado o mercado devido ao seu custo benefício e sustentabilidade. A grande quantidade de lignina deste resíduo proporciona placas rígidas que absorvem as baixas frequências, proporcionando a redução substancial dos níveis sonoros, tanto de impacto quanto aéreos. Utilizado em conjunto com a cortiça, apresenta melhores índices de isolamento acústico (SILVA et al. *apud* SOUZA, 2015, p. 240-241).

“Os painéis acústicos deste material atendem às exigências técnicas quanto ao controle da qualidade, podendo se equiparar com os demais materiais disponíveis no mercado, inclusive apresentando menor custo para sua aquisição” (MACHADO; DAMM; FORNARI JUNIOR *apud* SOUZA, 2015, p. 241).

5 TETRA PAK® – RESÍDUOS REUTILIZÁVEIS

As embalagens “longa vida” patenteadas pela empresa Tetra Pak®, foram criadas com o objetivo de preservar, por maior tempo, alimentos e bebidas, de modo que a sua produção exigisse o mínimo de material e o ofertasse o máximo de higiene.

“São embalagens formadas por várias camadas de diferentes materiais como o papel, o polietileno de baixa densidade e o alumínio, que são considerados materiais nobres e não devem ser descartados na natureza” (SILVA *et al*, 2015, p. 59).

Silva *et al* (2015, p. 59) “propôs que o alumínio do interior das caixas seria um isolante eficaz para subcoberturas de telhados, pois, apesar de possuir elevado coeficiente de condutividade em relação a outras substâncias”, é um material de alta refletividade e baixa emissividade de radiação.

Além disso, o papelão presente na estrutura da caixa possui baixo coeficiente de condutividade térmica, o que torna muito mais difícil a troca de calor. Partindo disto, as embalagens longa vida, junto às fibras de coco, apresentam-se como uma solução sustentável para o isolamento de ambientes coeficiente de condutividade.

6 METODOLOGIA DA PESQUISA

6.1 PROTÓTIPO PARA ANÁLISE

O protótipo, produzido em madeira compensada, em uma escala 1:15, contendo uma sala, dois quartos, um banheiro, uma cozinha, uma área de serviço e uma garagem, conforme Figura 1.

Os cômodos analisados foram os dois dormitórios, onde estes receberam o ar resfriado, sendo um revestido com a fibra de coco e o Tetra Pak®, enquanto o outro permaneceu somente com as paredes de madeira. O segundo quarto – com entrada pela cozinha, foi o selecionado para receber o revestimento isolante.

Figura 01 - Maquete construída.



Fonte: autoria própria.

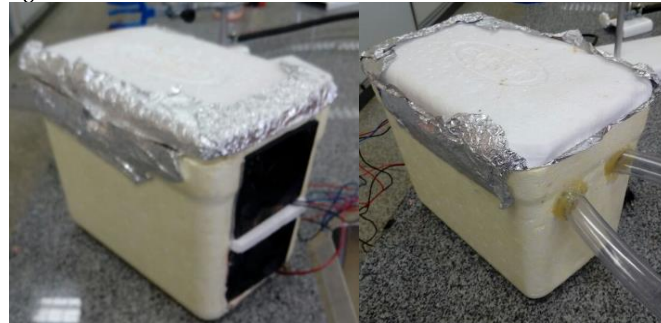
O revestimento foi executado na sequência PAREDE – FIBRA DE COCO – TETRA PAK® e planejado para que a camada de fibra de coco tivesse espessura de 8mm na escala 1:00 (0,12 na escala 1:15), tomando cuidado para que o Tetra Pak® não entrasse em contato com a madeira da parede.

Toda produção – marcação de medidas, cortes, lixamento, aparafusamento, vernizamento, revestimento, etc. – foi realizada pelos próprios acadêmicos.

6.1.2 Ar condicionado caseiro

O ar condicionado caseiro, produzido pelos acadêmicos, foi construído utilizando uma cuba de isopor, mangueiras, coolers e gelo. Seu princípio básico resumia-se em levar, de dentro da cuba, o ar frio exposto do gelo com ventilação dos coolers.

Figura 02 - Ar condicionado caseiro.



Fonte: autoria própria.

6.1.3 Extração da fibra de coco

Após as etapas de tratamento em soda caustica e secagem, os pedaços da casca do coco foram desfiados. Este processo de desfiamento foi realizado manualmente e automaticamente, com um liquidificador.

Figura 03 - Fibras de coco desfiadas.



Fonte: autoria própria.

6.1.4 Pannel de Tetra Pak®

As embalagens selecionadas para a confecção do pannel de Tetra Pak® foram abertas, higienizadas e unidas com grampos e fita, vide Figuras abaixo.

Figura 04 - Formação da placa de Tetra Pak®.



Fonte: autoria própria.

Figura 05 - Painel formado com a fibra do coco e com o Tetra Pak®.



Fonte: autoria própria.

6.2 TEMPERATURAS DE DENTRO DOS QUARTOS

Com o ar condicionado caseiro jogando o ar frio dentro dos dois quartos e os termômetros medindo as temperaturas internas, estas foram registradas minuto a minuto até que não houvesse mais decaimento (consultar APÊNDICE A). Feito isso, desligou-se o aparelho, afim de fichar as variações de temperatura em função do tempo, até alcançar a novamente sua temperatura inicial. O teste foi feito em triplicata, sob as mesmas condições para o quarto não revestido e distintas para o quarto revestido:

- **Teste I:** apenas um painel de Tetra Pak® com o alumínio posicionado em direção às paredes, teto e piso; camada de fibra de coco bastante densa; temperatura ambiente (T_0) igual a 30,9 °C.
- **Teste II:** adição de mais um painel de Tetra Pak®, agora com o alumínio voltado para o interior do quarto; permanência da densidade da fibra de coco; temperatura ambiente (T_0) igual a 32,2 °C.
- **Teste III:** permanência dos dois painéis de Tetra Pak®; retirada de fibra de coco, diminuindo a massa específica, mas ainda impedindo que o Tetra Pak® entre em contato com a madeira; temperatura ambiente (T_0) igual a 31,6 °C.

Tabela 02 - Resultado dos testes.

PARÂMETROS	TESTE I		TESTE II		TESTE III	
	QR*	QNR**	QR*	QNR**	QR*	QNR**
T_a = temperatura ambiente (°C)	30,9	30,9	32,2	32,2	31,6	31,6
Tempo até o desligamento do ar condicionado (min)	16	16	16	16	28	28
T_0 = temperatura atingida com o resfriamento (°C)	23,7	27,7	24,8	26,5	23,4	27,2
Tempo para T_0 atingir T_a (min)	37	13	69	29	88	29

* QR = quarto revestido.

** QNR = quarto não-revestido.

Fonte: autoria própria.

Comparando os números dos quartos revestidos, o quarto com melhor revestimento – teste III – apresentou um resultado mais satisfatório, levando 1

hora e 28 minutos para igualar-se à temperatura ambiente.

A interpretação desta informação alude que o revestimento deste cômodo possui uma constante de resfriamento k menor que a dos outros.

6.3 DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DE RESFRIAMENTO k

Numa releitura da equação da lei do resfriamento de Newton, pode-se encontrar uma expressão de fornece as constantes k .

$$k = -\frac{1}{t} \left[\ln \left(\frac{T - T_a}{T_0 - T_a} \right) \right]$$

Partindo desta fórmula, é possível determinar as constantes para todas situações. Contudo, como a taxa de variação dT/dt não é constante, o valor de k será diferente para cada t . Com isso, calculou-se k para cada instante (APÊNDICE B), iniciando no minuto seguinte à parada do ar condicionado até o minuto anterior em que $T = T_a$, e adotou-se como **constante média experimental (\bar{k})** a média que todos os k obtidos. Para esse cálculo, considerou-se o ambiente externo como um reservatório infinito cuja a temperatura não varia.

Tabela 03 - Valores de k e \bar{k} .

PARÂMETROS	TESTE I		TESTE II		TESTE III	
	QR	QNR	QR	QNR	QR	QNR
Menor k calculado	0,0281 7088	0,0645 3852	0	0	0	0,1081 3409
Maior k calculado	0,1257 8430	0,2888 1133	0,0662 1639	0,1404 2234	0,0530 9300	0,1753 6437
Média de todos os k (\bar{k})	0,0839 9340	0,1982 4431	0,045 6695	0,0870 9785	0,0318 8936	0,1348 5548

Fonte: autoria própria.

Como previsto, o \bar{k} do quarto revestido obtido no teste III foi menor que os outros. Os valores de $k = 0$, que foram medidos no instante $t = 1$, representam o isolamento térmico perfeito, pois não houve alteração de temperatura. Isto está intimamente atrelado à organização do revestimento, assim como a composição dos materiais que o estruturam.

Ao implantar mais uma camada de Tetra Pak®, deixando as faces com alumínio para dentro e para fora diminuir, e diminuir a densidade de fibras de coco entre o Tetra Pak® e a madeira, a qualidade do isolante térmico aumentou.

Devido as fibras de coco e o papelão, presente nas caixas longa vida, possuírem baixos coeficientes de condutividade térmica e o alumínio, também presente nas caixas longa vida, ser um material de elevada refletividade e pequena emissividade de radiação, a combinação feita no revestimento do cômodo chegou a

denotar uma constante de resfriamento quatro vezes maior que no cômodo não revestido.

6.4 DIMINUIÇÃO DA CONSTANTE DE RESFRIAMENTO k

Essencialmente, a constante de resfriamento de um esquema corpo-ambiente depende de três características do sistema: h – coeficiente de condutividade térmica, C – capacidade calorífica, e A – área de contato entre o sistema e o meio. Visto que esta última é a única passível de controle e que ela é diretamente proporcional à k , a diminuição de uma depende harmonicamente da outra.

$$\lim_{A \rightarrow 0} k = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{h A}{C} = 0$$

Reduzindo A , k também decresce. Desse modo, o material isolante torna-se mais eficiente, isto é, quanto mais próxima de zero estiver a constante de resfriamento de Newton, maior será o tempo em que a temperatura sofrerá variação.

6.5 ESTIMATIVA DE ECONOMIA DE CENTRAIS DE AR PARA $k \rightarrow 0$

Na mesma linha de pensamento usada em 7.3, estimar o tempo de aumento de temperatura de um ambiente também é uma releitura da equação da lei do resfriamento de Newton.

$$t = -\frac{1}{k} \left[\ln \left(\frac{T - T_a}{T_0 - T_a} \right) \right]$$

Para que os resultados sejam expressivos e que o tempo de um pequeno aumento da temperatura seja grande, é preciso que a constante de condutividade térmica seja pequena.

Nos exemplos verossímeis abaixo, os cálculos dos tempos foram feitos para $k_1 = 0,01$ e $k_2 = 0,005$, em um ambiente cuja a temperatura externa seja 30 °C e a temperatura varia de 17 para 20 °C, que ainda são níveis que concedem

$$\text{conforto. } t_1 = -\frac{1}{0,01} \left[\ln \left(\frac{20-30}{17-30} \right) \right]$$

$$t_1 = 26 \text{ min } 14 \text{ s}$$

$$t_2 = -\frac{1}{0,005} \left[\ln \left(\frac{20 - 30}{17 - 30} \right) \right]$$

$t_2 = 52 \text{ min } 28 \text{ s}$ Economicamente, estes números representam diminuição dos custos de energia elétrica. Aplicando-os ainda no exemplo de 5.4.3, onde a central de ar permanecia ligada por 12 horas diárias, e assumindo que, a cada uma hora de uso, a central de ar seja desligada pelo período de t_1 ou t_2 e, posteriormente, seja ligada de novo, é possível calcular o quanto o consumidor deixará de gastar.

Tabela 4 - Economia, em reais, de energia elétrica.

$t = 26 \text{ min } 14 \text{ s} \sim 0,437 \text{ h}$					
NÚM.	CONSUMO ELÉTRICO (kWh)	HORAS DESLIGADAS /DIA (h)	DIAS/ MÊS (dias)	TARIFA (R\$)	ECONOMIA/ MÊS (R\$)
I	0,46	~ 2,64	30	0,39217	14,20
II	0,57	~ 2,64	30		17,59
III	0,76	~ 2,64	30		23,46
$t = 52 \text{ min } 28 \text{ s} \sim 0,875 \text{ h}$					
NÚM.	CONSUMO ELÉTRICO (kWh)	HORAS DESLIGADAS /DIA (h)	DIAS/ MÊS (dias)	TARIFA (R\$)	R\$/MÊS (R\$)
I	0,46	~ 5,25	30	0,39217	28,40
II	0,57	~ 5,25	30		35,19
III	0,76	~ 5,25	30		46,92

Fonte: autoria própria.

Para ver nitidamente a diferença entre valores, a Tabela 11 ilustra um comparativo entre os custos com e sem o ideal de revestimento sustentável esclarece eficazmente.

Tabela 5 - Comparativo dos gastos com e sem economia no tempo de uso.

NÚM.	Sem economia no tempo de uso	Gasto com $k = 0,01$	% de economia	Economia com $k = 0,005$	% de economia
I	R\$ 64,94	R\$ 50,74	21,86%	R\$ 36,54	43,73%
II	R\$ 80,47	R\$ 62,88		R\$ 45,28	
III	R\$ 107,30	R\$ 83,84		R\$ 60,38	

Fonte: autoria própria.

Com este comparativo, a discrepância entre os custos de um ambiente revestido e não revestido é bastante significativa no que diz respeito à redução de custos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista ao forte calor e altas faturas de energia elétrica no estado do Amapá, esta pesquisa fundou-se em demonstrar, através de documentação teórica e testes experimentais, que o emprego de placas formadas por fibras da casca de coco e embalagens Tetra Pak® é capaz de manter a temperatura em níveis agradáveis dentro de um ambiente após o desligamento do aparelho condicionador de ar.

Para que essa hipótese se tornasse válida, o estudo requeria, inicialmente, uma exploração bibliográfica sobre tópicos relativos ao tema. No intuito de corroborar o referencial teórico, optou-se pela aplicação prática em uma maquete que retratasse uma casa.

Por meio da etapa experimental – que foi conduzida por toda literatura coletada, a conjectura inicial pode confirmada, solidificando a premissa que a fibra de

coco combinada ao Tetra Pak® é um eficaz isolante de concepções ecológicas.

Na tônica que regeu o projeto interdisciplinar, a solução proposta revelou-se altamente promissora, atendendo em pelo menos três dos oito tipos de sustentabilidade relatados por Ignacy Sachs em 2002 (*apud* SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014, p. 4):

- **Sustentabilidade ecológica:** redução da utilização de recursos ecológicos que servem como fonte produção de energia elétrica.
- **Sustentabilidade ambiental:** diminuição do quantitativo de duas espécies de lixo urbano produzido diariamente.
- **Sustentabilidade econômica:** abater custos com energia elétrica nas contas mensais da população.

Quando projetos visam atender adversidades sociais e são aliados aos pilares sustentáveis que fazem frente aos problemas ambientais do mundo, todo resultado positivo torna-se pertinente à perdura da sociedade e inteira-se à batalha individual de cada ser vivo em prol de um planeta melhor.

REFERÊNCIAS

AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Coco. **Embrapa**, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000fnhfdnce02wyiv8065610dj5ie10w.html>. Acesso em: 04 out. 2017.

ALBUQUERQUE *et al.* Determinação do coeficiente de condutividade térmica de compósitos constituídos a partir da fibra de coco. **Rev. Iniciação Científica**, Belo Horizonte, n. 3, dezembro 2015. Disponível em: <http://npa.newtonpaiva.br/iniciacaocientifica/?p=938>. Acesso em: 27 out. 2017.

BISPO, S. J. L. **Estudos das propriedades mecânicas de biocompósitos de polipropileno reforçados com fibras naturais**. 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

BOABAID NETO, C. Transferência de calor (TCL) – Área técnica de refrigeração e condicionamento de ar. 21 p. **Instituto Federal de Santa Catarina**, São José, v.1, n. 2, 2010. Disponível em: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/imagens/d/d7/Apostila_TCL_2010_Parte_2.pdf. Acesso em: 27 out. 2010.

CORRADINI, M. *et at.* Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p. 837-849, set. 2009.

FONTES, Humberto Rollemberg. **A cultura do coqueiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

HALLIDAY, D. *et al.* **Fundamentos de Física:** gravitação, ondas e termodinâmica. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009. V. 2.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVII, n. 1, p. 1-22, jan./mar. 2014.

SEGOBIA, P. B.; SUSIN, R.; CARGNELUTTI, J. Aplicação da lei do resfriamento de newton em blocos cerâmicos: modelagem, resolução analítica e comparação prática dos resultados. *In: SEMANA DA MATEMÁTICA DA UTFPR – PERSPECTIVAS DO ENSINO E DA PESQUISA EM MATEMÁTICA*, 1., 2013, Toledo – PR. **Anais [...]**, Toledo – PR, 2013.

SILVA, K. *et al.* Reaproveitamento de resíduos de embalagens Tetra Pak® em coberturas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 19, n. 1, p. 58–63, jan. 2015.

SILVA, W. *et al.* Medida de calor específico e lei de resfriamento de Newton: um refinamento na análise dos dados experimentais. **Rev. Bras. Ensino Fís**, São Paulo, v. 25, n. 4, nov./dez. 2003. Versão on-line ISSN 1806-9126. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000400010&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 18 out. 2017.

SOUZA, M. *et at.* Aplicação da fibra de coco no processo de isolamento termo acústico. **Rev. Gest. Sust. Ambient.**, Florianópolis, n. esp., p. 233-245, dez. 2015.