

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THIAGO CASAGRANDE

**COMPARAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL ENTRE TELHAS DE  
MATERIAL RECICLADO E TELHAS CONVENCIONAIS.**

LAGES - SC

2021

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THIAGO CASAGRANDE

**COMPARAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL ENTRE TELHAS DE  
MATERIAL RECICLADO E TELHAS CONVENCIONAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Unifacvest, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Msc. Aldori Batista dos Anjos.

LAGES - SC  
2021

THIAGO CASAGRANDE

**COMPARAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL ENTRE TELHAS DE  
MATERIAL RECICLADO E TELHAS CONVENCIONAIS.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Centro Universitário FACVEST – UNIFACVEST  
como requisito para a obtenção do Grau de Bacharel  
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof Msc. Aldori Batista dos Anjos

Lages, SC \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /2021. Nota \_\_\_\_\_  
(Assinatura do orientador do trabalho)

---

Aldori Batista dos Anjos  
**Coordenador do Curso de Engenharia Civil**

LAGES  
2021

# COMPARAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL ENTRE TELHAS DE MATERIAL RECICLADO E TELHAS CONVENCIONAIS.

<sup>1</sup>THIAGO CASAGRANDE

<sup>2</sup>ALDORI BATISTA DOS ANJOS

## RESUMO

A cada dia mais percebemos que o mundo está se voltando para um desenvolvimento sustentável. Devido ao grandioso consumo de recursos naturais, surgiu uma preocupação com o assunto, assim como uma preocupação com o aumento de resíduos que voltam para o meio ambiente.

Na economia, o setor da construção civil é um dos setores que mais consome matéria prima mineral, deixando explícita a necessidade de materiais que reduzam os impactos ao meio ambiente. Como resposta a isso, já temos várias iniciativas de ações e produtos que são ecologicamente corretos. É o caso das telhas ecológicas, fabricadas a partir da reciclagem de materiais, como papel, plástico, alumínio, entre outros.

O objetivo central deste trabalho é fazer um estudo comparativo visando as vantagens e desvantagens entre telhas de diferentes origens, comparando-as no âmbito técnico, econômico e ambiental. Essa comparação se dá entre as telhas convencionais, que são as de cerâmica, fibrocimento e concreto, e as telhas ecológicas, que são as de Tetra Pak, papel reciclado, garrafa PET e tubo de pasta dentária.

**Palavras – chave:** telhas convencionais, telhas ecológicas, sustentabilidade.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Civil, Ambiental e Sanitarista, Segurança do Trabalho, Mestrado e Doutorando em Direito Ambiental UVA/Unifacvest

# **TECHNICAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL COMPARISON BETWEEN ECOLOGICAL TILES AND CONVENTIONAL TILES.**

<sup>3</sup>THIAGO CASAGRANDE

<sup>4</sup>PROF. ALDORI BATISTA DOS ANJOS

## **ABSTRACT**

With each passing day, we realize that the world is turning to sustainable development. Due to the great consumption of natural resources, a concern with the subject arose, as well as a concern with the increase of residues that return to the environment.

In the economy, the civil construction sector is one of the sectors that most consumes mineral raw materials, making explicit the need for materials that reduce impacts on the environment. In response to this, we already have several initiatives for actions and products that are environmentally friendly. This is the case of ecological tiles, manufactured from the recycling of materials, such as paper, plastic, aluminum, among others.

The main objective of this work is to make a comparative study aiming at the advantages and disadvantages between tiles of different origins, comparing them in the technical, economic and environmental scope between conventional tiles, being ceramic, fiber cement and concrete, and ecological tiles, which are Tetra Pak, recycled paper, PET bottle, and toothpaste tube.

**Keywords:** conventional tiles, ecological tiles, sustainability

---

<sup>3</sup> Academic Of the Civil Engineering Course of the UNIFACVEST University Center.

<sup>4</sup> Graduated in Civil Engineering and Sanitary Engineering, Occupational Safety, Master and PhD in Environmental Law UVA/Unifacvest

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Flakes de garrafa Pet .....	15
Figura 2 - Telha de garrafa Pet .....	16
Figura 3 - Material reciclado para produção das telhas de papel reciclado.....	17
Figura 4 - Telha Ecológica produzida com papel reciclado .....	18
Figura 5 - Triturador mecânico de tubos de pasta de dente .....	19
Figura 6 - Prensa a quente .....	19
Figura 7 - Telha Tubo .....	20
Figura 8 - Alumínio triturado em pequenos fragmentos.....	22
Figura 9 - Prensa a quente de telhas Tetra Pak .....	22
Figura 10 - Telha Tetra Pak.....	23
Figura 11 - Máquina de molde e corte telha fibrocimento .....	24
Figura 12 - Telha de Fibrocimento .....	25
Figura 13 - Produção artesanal telha de concreto.....	26
Figura 14 - Produção mecânica telha de concreto .....	27
Figura 15- Telha de Concreto .....	28
Figura 16 - "Telhas nas coxas" .....	29
Figura 17 - Produção mecânica telhas de cerâmica.....	30
Figura 18 - Telha de Cerâmica.....	31
Figura 19 - Dados reciclagem plástico no Brasil.....	40
Figura 20 - Amianto.....	42
Figura 21 - Fomo telha cerâmica.....	44
Figura 22 - Comparativo madeiramento de coberturas .....	46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
1.1 PROBLEMA .....	9
1.2 OBJETIVOS .....	9
1.2.1 <b>Geral</b> .....	9
1.2.2 <b>Específicos</b> .....	9
1.3 JUSTIFICATIVA .....	9
1.4 HIPÓTESES .....	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>11</b>
2.1 HISTÓRICO E DEFINIÇÃO DAS TELHAS ORIUNDAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS E TELHAS CONVENCIONAIS. ....	11
2.2 APRESENTAR CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ENTRE TELHAS DE MATERIAL RECICLÁVEL E CONVENCIONAIS. ....	14
2.2.1 <b>Telha de Garrafa PET</b> .....	14
2.2.2 <b>Telha Ecológica Produzida com Papel Reciclado</b> .....	16
2.2.3 <b>Telha Tubo</b> .....	18
2.2.4 <b>Telhas de Tetra Pak</b> .....	20
2.2.5 <b>Telhas de Fibrocimento</b> .....	23
2.2.6 <b>Telhas de Concreto</b> .....	25
2.2.7 <b>Telhas cerâmicas</b> .....	28
2.3 ANALISAR DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS TELHAS EMPREGADAS NA CONSTRUÇÃO. ....	32
2.4 CONSTATAR A SUSTENTABILIDADE E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS. ....	36
2.4.1 <b>Embalagens Tetra Pak</b> .....	37
2.4.2 <b>A telha de papel reciclado</b> .....	38
2.4.3 <b>Garrafas PET</b> .....	39
2.4.4 <b>Tubo de pasta de dente</b> .....	40
2.4.5 <b>A telha de fibrocimento</b> .....	41
2.4.6 <b>Telhas de concreto</b> .....	42

2.4.7 A telha cerâmica compostas por argilas.....	43
2.5 COMPARAR CUSTOS ENTRE AS TELHAS DE MATERIAL RECICLADO E MATERIAL CONVENCIONAL.....	45
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>



## 1 INTRODUÇÃO

No século XXI, temos a existência de aproximadamente 7,5 bilhões de pessoas. Segundo novo relatório, os habitantes do planeta devem chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050 e cerca de 11 bilhões em 2100 (ONU 2019 apud GUITARRARA).

Assim como na física newtoniana, em que toda ação gera reação, o aumento populacional tem impacto diretamente no ambiente em que se vive. Uma pessoa, em média, consome por dia 3kg de produtos, incluindo sólidos, líquidos e gasosos. Como nada se cria nem se perde, geramos 3kg de resíduos líquidos, sólidos e gasoso, podendo variar de pessoa para pessoa, como também de cultura para cultura. E o que é feito do que é gerado em forma de lixo?

“Na Alemanha, por exemplo, apenas 9 Kg de lixo em média por habitante vão anualmente para os aterros. Na Itália, essa quantidade é de 154 Kg. No Brasil, os aterros e lixões recebem 348 Kg de lixo gerado por habitante ao ano”, segundo Jardim e Wells (1995). Comparando com os países da América Latina, o Brasil é o campeão de geração de lixo, representando 40% do total gerado na região (541 mil toneladas/dia, segundo a ONU Meio Ambiente) (SOUZA, 2019).

Mas o que fazer com todo esse lixo? Há muito tempo debate-se a respeito do reaproveitamento do lixo, ou como é popularmente dito: reciclagem. Nota-se cada dia mais a preocupação com o ecossistema, com o planeta das futuras gerações, e a necessidade da sustentabilidade. Conforme a publicação feita por Jardim e Wells (1995) nos mostra, enquanto a “Áustria, recupera 63% do lixo gerado e os Estados Unidos recicla 34%, o índice no Brasil é de 13%, e no México, menos de 10%.”

Segundo o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) no guia da coleta seletiva de lixo, em média, o lixo doméstico no Brasil, é dividido em 65% de matéria orgânica, 25% de papel, 4% de metal, 3% de vidro e 3% de plástico (VILHENA 2013). O consumo de mercadorias que hoje em dia são vendidas com as mais diversas embalagens, para um bom aproveitamento do produto, além de ter o intuito de promover a compra, gera grande volume de descarte e, além disso, muitos produtos que possuem mais de uma camada de proteção acabam gerando grande quantidade de lixo.

Pode-se presumir que não haverá diminuição na quantidade de lixo gerado diariamente pelas pessoas, todavia, com a conscientização, sabemos que dar uma finalidade a esse lixo cria um ciclo de utilização da matéria em reuso. Dessa forma, aplicar a reciclagem e o reaproveitamento desse material é uma das questões atuais da humanidade.

Com objetivo de diminuir o impacto ambiental, a reciclagem vem desenvolvendo inúmeros produtos, sendo um deles as telhas fabricadas a partir de materiais reciclados. Contudo, existe a necessidade de saber quais as características desses produtos, suas vantagens e desvantagens.

Este trabalho tem como objetivo principal comparar os estudos já feitos sobre as telhas comuns, produzidas a partir de matéria prima, com as telhas oriundas de materiais recicláveis, definir o que é cada uma, apontar as características físicas, ecológicas e financeiras, e assim constatar a viabilidade de utilização das mesmas.

## **1.1 PROBLEMA**

De que forma a utilização de telhas recicladas podem beneficiar o consumidor que utilizava de telhas convencionais? Quais vantagens as telhas recicladas possuem? Podem ser utilizadas telhas produzidas de material reciclado em coberturas? Que impactos ambientais isso pode causar? São respeitadas as normas técnicas? Quais os benefícios para o consumidor e a natureza? Qual é o custo benefício em comparação as telhas convencionais normalmente utilizadas?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Geral**

Estabelecer um estudo comparativo entre a telha com matéria prima de base reciclável, sendo elas as telhas de embalagens recicláveis: telha de garrafa Pet, telha de papel reciclado, telha Tetra Pack, Telha Tubo; e as telhas convencionais: telha de Fibrocimento, telha de Concreto, telha de Cerâmica.

### **1.2.2 Específicos**

- Histórico e definição das telhas oriundas de materiais recicláveis e telhas convencionais.
- Apresentar características técnicas de telhas de materiais recicláveis e convencionais.
- Analisar das principais características das telhas empregadas na construção.
- Constatar a sustentabilidade e seus impactos ambientais.
- Comparar custos entre as telhas de material reciclado e de material convencional.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Com tantas opções que o mercado oferece é difícil para o consumidor encontrar a telha ideal para a sua construção. Precisa-se saber as características que cada uma apresenta, e se, depois de compara-las, as telhas comuns utilizadas há tanto tempo ainda são a melhor opção, afinal com as telhas desenvolvidas atualmente, as telhas recicladas podem ser substitutas das telhas convencionais.

## **1.4 HIPÓTESES**

Parte-se da hipótese de que as telhas de material reciclado têm melhores características físicas relacionadas a resistência e durabilidade decorrente do material de que são feitas, e ainda que podem causar impactos ambientais positivos se comparadas às telhas comuns produzidas de matéria prima não reciclada, podendo ser uma melhor opção ao consumidor.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 HISTÓRICO E DEFINIÇÃO DAS TELHAS ORIUNDAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS E TELHAS CONVENCIONAIS.

Com o intuito de definição e de análise histórica, este trabalho será dividido em três temas principais, os quais tem grande importância para a análise das características apresentadas, sendo assim dividido:

- Telha convencional
- Desenvolvimento sustentável
- Telhas de material reciclado

A Revolução Agrícola ou Neolítica, marca o início do Período Neolítico, também conhecido como Idade da Pedra Polida. Essa época é caracterizada pela sedentarização e início das comunidades, em que o homem deixou de ser nômade e iniciou a construção de moradias para abrigo. Dada a necessidade de moradia, foram criadas as primeiras técnicas de construção.

Dentre essas técnicas, foi criado um sistema de cobertura composto por folhas de plantas da região ou, em outros casos, as coberturas foram criadas a partir de pedras ou materiais locais.

Com o avanço da humanidade, outros métodos foram desenvolvidos. Segundo Grimmer e Willians, “as telhas cerâmicas surgiram em duas partes do mundo: primeiro na China, durante a era neolítica, cerca de 10.000 anos AC. e, pouco tempo depois, no Oriente médio”. “A palavra “Cerâmica” é derivada do grego *keramiké*, *keramos*, que significa argila” (LESSA, 2009).

“Muito tempo depois surgem as telhas de fibrocimento, por volta de 1895 em substituição aos telhados de ardósia natural utilizados na época, quando o austríaco Ludwig Hatschek descobriu a pasta de cimento amianto, uma mistura de cimento, calcário, amianto e água” (LESSA, 2009).

Existiram, ainda, em outras regiões, outros tipos específicos de coberturas, uma vez que as culturas locais ainda se utilizavam de métodos artesanais. Já nas regiões mais habitadas, temos o desenvolvimento de várias telhas, e assim, o início de uma infinidade de produtos de diversas marcas e modelos denominadas como *telhas convencionais* para construções urbanas e rurais.

Essas telhas convencionais aqui apresentadas são: a Telha Cerâmica, a Telha de Concreto e a Telha de Fibrocimento.

As telhas convencionais podem ser produzidas com material mineral, dentre eles o zinco, a argila e o amianto, de material vegetal, em que fibras de sisal, bananeira e eucalipto são misturadas ao cimento, ou com fibras sintéticas, como de polipropileno, que garante a longevidade das mesmas.

O desenvolvimento sustentável tomou proporções ao longo da história. Depois da evolução contínua, engatilhada pela revolução industrial do século XVIII, a construção civil se tornou um dos maiores poluidores, causando desastrosos problemas ambientais.

Em razão disso, tornou-se necessária a criação de organizações que controlem essa poluição em grande escala. A *World Commission on Environment and Development* (Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento) da Organização das Nações Unidas – ONU, foi formada em 1987, e presidida pela primeira ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtlandt. Essa comissão trabalhou pelo período de três anos para apresentar à sociedade mundial um relatório completo, abordando a escassez dos recursos naturais, o aumento da pobreza e da miséria no mundo e, apresentando medidas a serem implementadas pelas nações em favor da minimização desses problemas.

Brundtlandt desenvolveu um relatório chamado “*Our Common Future*” (Nosso Futuro Comum, e também apresentou e conceituou para o mundo a expressão “desenvolvimento sustentável” como sendo a satisfação das necessidades do presente sem comprometer a capacidade de satisfação das necessidades das futuras gerações.

Atualmente, contamos com desenvolvimento de duas opções de produtos: os gerados a partir da matéria prima; e os gerados a partir da reciclagem e do reaproveitamento dessa matéria modificada.

As matérias primas são conceituadas como recursos naturais que são utilizados na produção primaria. É o material que se usa nas transformações industriais, para a produção de bens de utilização mais ampla que a do original. Quando a matéria prima passa pelo processo de transformação, ocorrendo algum tipo de intervenção ou modificação, seja ele na área industrial ou artesanal, essa matéria prima passa a ser chamada de transformada. Se ela não passar por nenhum processo antes da sua utilização, essa matéria prima é chamada de natural. Elas podem também ser classificadas conforme suas origens, de onde seu recurso é proveniente, sendo eles vegetal, mineral e animal.

A matéria prima de origem vegetal é extraída da flora (plantas, árvores). A matéria prima de origem mineral são recursos retirados do solo, e não são renováveis, isto é, a constância da sua exploração causará o esgotamento do mesmo. E a matéria prima animal é procedente da caça, da pecuária e da pesca.

Telhas de material reciclado, também chamadas de ecológicas, surgiram mais recentemente, de acordo com desenvolvimento sustentável servindo como alternativas às telhas convencionais, cujas matérias-primas, em geral, provém de extração mineral, tão prejudicial ao meio ambiente (SILVA, Mayara Kelly dos Santos, p. 3). Elas usam em sua formulação material reciclado ou proveniente de manejo florestal, no caso de madeira, não utilizando assim matérias primas.

## **2.2 APRESENTAR CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ENTRE TELHAS DE MATERIAL RECICLÁVEL E CONVENCIONAIS.**

Atualmente o mundo encontra-se em um momento em que a inovação faz crescer rapidamente as opções na hora de escolher uma telha, e isso é reflexo da globalização e do crescente desenvolvimento tecnológico. Dentre muitas dessas telhas e tecnologias existentes atualmente no mundo, a escolha pode ser dar por estética, preço, resistência, peso, dentre outras muitas características técnicas. Para a fundamentação teórica e aprofundamento desse estudo, foram selecionadas apenas algumas das muitas telhas existentes no mercado, e foram escolhidas por serem as mais utilizadas nas construções atualmente.

As telhas que serão objeto de estudo são telhas ecológicas e convencionais e estão relacionadas abaixo:

- Telha de Garrafa PET
- Telha Papel Reciclado
- Telhas de Tetra Pak
- A Telha Tubo
- Telhas de Cerâmica
- Telhas de Concreto
- Telhas de Fibrocimento

Começando pelas ecológicas temos:

### **2.2.1 Telha de Garrafa PET**

“No início dos anos 1970, o PET começou a ser utilizado pela indústria de embalagens. O PET chegou ao Brasil em 1988 e a partir de 1993 passou a ter forte expressão no mercado de embalagens, notadamente para os refrigerantes.” (ALMEIDA 2013, p.2). Telhas Leve é uma empresa com sede em Manaus (AM), criada em 1997 por Luiz Antônio Pereira Formariz e alguns sócios, começou a fabricar telhas em polipropileno. Tempos depois, essa empresa decidiu optar pelo material de plástico abundante “O PET” (LOBO 2010).

Conforme a reportagem de FELIPE LOBO (2010), a empresa Telhas Leve tem 28 funcionários e capacidade para reciclar 24 toneladas de garrafas PET por dia. A produção é limitada pela quantidade de material reciclado que é de 80 toneladas de material mensal em Manaus. “A fábrica tem capacidade para produzir 10 mil metros quadrados do produto por mês, assegura Formariz.”



As telhas de PET são produzidas através de uma mistura de resinas poliméricas e carbonato de cálcio. Na fabricação das telhas, as garrafas são separadas de acordo com as cores e em seguida é feita a separação do rótulo e do plástico (DE SOUZA; BRITO; DA SILVA). Após esse processo, as garrafas são lavadas e seguem para moagem, onde são transformadas em espécies de “flakes” dentro de um moinho, até que estejam na espessura desejada. Feito isso, esse material é levado para silo de estocagem.

Figura 1 - Flakes de garrafa Pet



Fonte: Rone Moinhos 2015

Segundo ALMEIDA (2013) após esse processo, os “flakes” são direcionados para a injetora. Cada injetora elétrica leva 30 segundos para fabricar uma telha. Depois que o plástico é lavado e moído, segue para as máquinas, que derretem e inserem o material dentro dos moldes.

O Politereftalato de Etileno, também conhecido como PET, é um poliéster, um polímero termoplástico, ou seja, pode ser processado a quente devido a sua maior viscosidade sob altas temperaturas. Possui alta resistência mecânica e química, evitando a passagem de gases e odores (DE SOUZA; BRITO; DA SILVA).

Segundo ABIQUIM (*apud* VALT, 2004, p. 21-22), o polietileno tereftalato (PET) faz parte de um grupo de materiais denominados plásticos, produzidos através de um processo químico chamado de polimerização, que proporciona a união de monômeros para formar polímeros.

Conforme as informações de LOBO (2010) na reportagem para a ECO, as principais características das telhas pet são.

- O peso: a telha de plástico tem 5,8 quilos por m<sup>2</sup>;
- Resistência ao ressecamento;
- Fixação através de abraçadeiras de nylon especiais, o que protege contra ventos fortes;

- Inclusão de aditivos anti raios ultravioletas (UV) o que permite maior combate à radiação solar;
- Utiliza um terço da matéria-prima necessária na fabricação das telhas de barro e não há desmatamento de florestas ou queima da lenha nos fornos.

Figura 2 - Telha de garrafa PET



Fonte: O Globo Economia (2011)

### **2.2.2 Telha Ecológica Produzida com Papel Reciclado**

Segundo LESSA (2009, p.68), a telha produzida da mistura de papel e papelão reciclados foi desenvolvida na Europa há aproximadamente 70 anos. Anos depois, foi trazida para a América Latina através da Argentina, que iniciou sua produção. Tempos depois, o Brasil iniciou o processo de sua produção, que atualmente é feita pela Associação Vira Lata juntamente com a Petrobrás.

Conforme a PETROBRAS (2006), o Projeto Vira-Lata teve início no ano de 1998 em Jardim da Boa Vista. Com o objetivo da preservação ambiental e desenvolvimento de projetos voltados à educação, a ONG atinge cerca de 10,5 mil domicílios, arrecadando cerca de 100 toneladas mensais de material reciclado.

Na época de sua criação a ONG era presidida por José Sérgio Gabrielli, que apresentou a iniciativa da seguinte forma, "Temos um novo produto: uma telha feita da reciclagem de papéis, da celulose que vem das florestas. Ao reciclarmos o papel, protegemos árvores e florestas e preservamos o meio ambiente" (apud PETROBRAS 2006). "A ideia do projeto, de 1998, deu certo! Hoje, a Cooperativa Vira Lata tem mais de 20 anos de atuação na coleta seletiva, triagem e comercialização de materiais recicláveis" (COOPERATIVA VIRA LATA 2021).

Figura 3 - Material reciclado para produção das telhas de papel reciclado



Fonte: Mara Livia Santos 2009

O processo de fabricação, de acordo com LESSA (2009), consiste na moagem, mistura e seleção da massa constituída do material reciclado com água, formando uma fibra vegetal, que depois de homogeneizada, passa pela filtragem e pela retirada do excesso de água. Depois, segue para um cilindro que delimita o tamanho e a espessura da telha. Então vai para a modelagem e o corte. Com a base pronta, ela é levada para aplicação do betume a quente.

Segundo os dados obtidos por LESSA (2009) dos ensaios realizados com lotes das telhas emitido pelo Centro Tecnológico de Controle da Qualidade L. A. Falcão Bauer, foram observadas as seguintes características:

- O peso: papel reciclado tem 3,125 quilos por m<sup>2</sup>.;
- Carga de ruptura a flexão: 904,5 N/M;
- Teor de absorção de água média: 20,5%;
- Índice de permeabilidade: compatível com o estabelecido em norma para telhas de fibrocimento, sem apresentação de vazamento ou bolhas no lado oposto ao submetido à água.

De acordo com a ONG, “Hoje, são comercializados mais de 20 tipos de materiais recicláveis para diferentes parcerias comerciais” (COOPERATIVA VIRA LATA 2021). “É bom isolante térmico, tem durabilidade de, em média, 15 anos e é leve e flexível. O material é usado para coberturas em geral, como casas e galpões industriais. Cada unidade pesa 3 kg e mede 1,6 m de comprimento, 60 cm de altura e 3 mm de espessura” (PETROBRAS 2006).

Em 1998, a ONG tinha a perspectiva de que fossem “fabricadas 22 mil telhas por mês, com previsão de dobrar a produção dentro de quatro meses” (PETROBRAS 2006). Atualmente,

segundo a COOPERATIVA VIRA LATA (2021) os catadores (as) da Cooperativa Vira Lata são responsáveis pela reciclagem de 150 toneladas de lixo por mês (média do ano de 2019).

Figura 4 - Telha Ecológica produzida com papel reciclado



Fonte: Setor Reciclagem (2015)

### 2.2.3 Telha Tubo

Segundo pesquisas, “A tecnologia para fabricar as telhas e placas com tubo de pasta de dente existe há cerca de uma década. O processo de produção consiste basicamente na limpeza, secagem e trituração dos tubos resultam em um material 100% reciclado (25% alumínio e 75% plástico)” (MORAES 2008, p.87).

Os tubos de creme dental, são compostos de PEBD - polietileno de baixa densidade. O polietileno é a resina termoplástica mais utilizada no mundo, parcialmente cristalino e flexível, não é tóxico e pode ser usado em embalagens para alimentos. Possui ponto de fusão entre 110°C e 115°C. Apresenta tenacidade, alta resistência ao impacto, boa processabilidade, alta resistência a água e baixa permeabilidade (LESSA 2009, p.80)

O processo produtivo da ecotelha é relativamente simples. Os tubos são levados ao triturador mecânico, que transforma o material em pedaços milimétricos. Feito isso, o material é espalhado e prensado a quente a uma temperatura de 180°C, segundo LESSA (2009). Após esse processo, esse material é levado para a forma, que dá o formato desejado, e então as telhas são cortadas, ficando prontas para utilização.

Figura 5 - Triturador mecânico de tubos de pasta de dente



Fonte: Mara Livia Santos 2009

Figura 6 - Prensa à quente



Fonte: Mara Livia Santos 2009

Segundo MORAES (2008), a telha possui características sensoriais rígidas, com brilho e leve textura. Elas são altamente resistentes a agentes químicos e suportam até 130 kg por m<sup>3</sup>, processabilidade de corte, pintura acrílica, aceita pregos e parafusos diversos. A telha tubo possui em sua estrutura uma base de materiais muito parecida com a das telhas de tetra pack, pois ambas possuem polietileno, alumínio e celulose, o que configura muitas características em comum. Conforme LESSA (2009), características atribuídas as telhas tubos por decorrência da sua composição são:

- Elevada resistência a ação dos raios ultravioleta e infravermelho;
- Bom isolante térmico (30% a 40% menos calor que telhas de amianto)
- Bom isolante acústico;

- Material auto extingüível, pois não propaga chamas.
- Totalmente reciclável após sua vida útil.

Tais características devem ser comprovadas pela fabricante através de métodos técnicos e ensaios comprovados em laboratório. De acordo com LESSA (2009) as características apresentadas em testes são:

- Carga de ruptura a flexão: 2.683 N/M;
- Teor de absorção de água média: 0,00%;
- Índice de permeabilidade: compatível com o estabelecido em norma para telhas de fibrocimento, sem apresentação de vazamento ou bolhas no lado oposto ao submetido à água.

Assim como as telhas de fibrocimento, as telhas tubos apresentam modelos diversos, de acordo com a necessidade do cliente, variando de acordo com cada fabricante. As chapas podem ser comercializadas no tamanho de 2,20×1m e com espessuras de 6, 8 e 10 mm, (Morais 2008, p.87). É uma telha ondulada e multicor.

Conforme MORAIS (2008), nenhum aditivo químico é usado para aglutinar o material, o que representa um ganho ambiental. O produto ecológico também é mais leve e permite uma estrutura de sustentação do telhado menos robusta. O material também demonstra uma grande resistência, podendo aguentar até granizo.

Figura 7 - Telha Tubo



Fonte: Plastbrinq Telhas Ecológicas (2019)

#### 2.2.4 Telhas de Tetra Pak

Segundo a publicação da CBC Ambiental (PORTAL DO MEIO AMBIENTE 2010), em 1999 o Departamento de Meio Ambiente da Tetra Pak deu início a pesquisas com intuito de transformar a mistura em placas rígidas, sendo que, a reciclagem das embalagens estava limitada à reutilização do papel. Partindo do princípio de que a mistura de plástico e alumínio das embalagens é um material nobre, caro e muito resistente, poderiam ser utilizadas para diversos fins na construção civil (tapumes, revestimentos, etc.). E então, passou a ser utilizado na produção de telhas.

“No Brasil, atualmente 17 fábricas já produzem as telhas a partir desta tecnologia. Além de mais leves do que as comuns (amianto ou fibrocimento), as telhas possibilitam uma passagem de calor 30% menor e são 25% mais baratas” (PORTAL DO MEIO AMBIENTE 2010).

Para se produzir uma telha com Tetra Pak, é necessário em média cerca de 2 mil a 3 mil embalagens de Tetra Pak (BOETTGER, 2018). As embalagens de Tetra Pak são compostas por 20% de plástico, 75% de papel e 5% de alumínio (TETRA PAK, 2002), tendo como primeira finalidade embalagens para diversos produtos, posteriormente torna-se descartado, transformando-se em resíduo.

Porém, de acordo com NEVES (1999), esse material pode ser reaproveitado. A etapa primária da reciclagem é realizada em uma indústria papeleira, onde as embalagens são introduzidas em um hidrapulper para extração das fibras de papel, que fornecem alta qualidade aos insumos produzidos.

“Primeiramente, o polietileno contendo alumínio é triturado em pequenos fragmentos usando-se moinhos de faca. A redução do tamanho do material facilita sua fusão e dá ao produto acabado maior homogeneidade” (ARAÚJO; MORAIS; ALTIDES, 2008 p. 02).

Figura 8 - Alumínio triturado em pequenos fragmentos



Fonte: Mario Henrique de Cerqueira

Após homogeneizado, “por meio de um processo de pressão e calor, a telha ecológica tem o mesmo formato das de amianto” (FERREIRA; DA SILVA SOUZA; MEDEIROS, 2017). Em geral as telhas passam por uma temperatura de 160 a 200°C, e ainda quentes são levadas aos moldes, onde ganham o formato desejado.

Figura 9 - Prensa a quente de telhas Tetra Pak



Fonte: Mario Henrique de Cerqueira

Segundo FERREIRA, DA SILVA SOUZA e MEDEIROS (2017) a telha tetra Pak é composta por seis camadas sendo elas:



- Polietileno para proteger a embalagem contra a umidade externa;
- Papel que confere estrutura e resistência à embalagem;
- Polietileno para aderência entre as camadas internas;
- Alumínio para evitar a passagem de oxigênio, luz e microrganismos;
- Duas camadas polietileno que evitam todo e qualquer contato do produto com os materiais internos da embalagem.

Figura 10 - Telha Tetra Pak



Fonte: auto sustentável (2020)

### 2.2.5 Telhas de Fibrocimento

Em 1940, a Fundação da Eternit Brasil Cimento e Amianto S.A. iniciou a produção das telhas de fibrocimento no Brasil, na cidade de Osasco – SP (ETERNIT, 2016)

A telha de fibrocimento é composta de uma mistura de água, cimento, calcário, fibra de amianto crisólita, celulose e lama de cal, (LESSA, 2009 p. 50). Essa telha é muito utilizada, sendo uma das principais opções em coberturas no mercado pelo seu baixo custo.

Produzida industrialmente, a fabricação requer cuidado pela taxa tóxica existente em seus componentes, utilização de dosagem controlada através de painéis automatizados, evitando ao máximo o contato humano.

A técnica utilizada para fabricação da telha de fibrocimento é industrializada e mecanizada, com alguns processos realizados sob enclausuramento devido à toxicidade dos produtos utilizados.

Os componentes utilizados em sua produção são o cimento como aglomerante CP II-32 de base calcária, que é misturado posteriormente com o calcário, proveniente da calcita que é rica em carbonato de cálcio; celulose, com origem da reciclagem de papéis e papelões; amianto crisólita de origem mineral; e lama de cal, resíduo da celulose.

No processo de produção os materiais são triturados e peneirados de forma separada, cada um em seu silo, depois seguem para um misturador controlado por dosador de quantidade. Depois da homogeneização da mistura, a massa passa por um filtro para a captação de sólidos e então é prensada e modelada na espessura desejada.

Logo depois de serem cortadas e moldadas na forma desejada, elas são levadas para a secagem, passam por testes de qualidade onde são testadas a resistência mecânica, a compressão, a impermeabilidade e a absorção de água, de acordo com os critérios do fabricante.

Figura 11 - Máquina de molde e corte de telha fibrocimento



Fonte: Brasilit 2018

Depois de utilizadas e descartadas, existe um programa de coleta de telhas e materiais com amianto para que as mesmas recebam destino apropriado, porém, geralmente são descartadas em aterros comuns.

Com diferentes espessuras e ondulações, os fabricantes oferecem vários modelos de telhas de fibrocimento, o que facilita para o consumidor que possui uma escolha mais econômica de acordo com a sua necessidade.

A norma brasileira NBR 5670/95 – Telha estrutural de Fibrocimento, determina requisitos que devem ser atendidos pelas telhas com amianto em sua composição para estarem aptas para ser comercializadas. São eles:

- Carga de ruptura a flexão: maior ou igual a 2.000 N/M;

- Teor de absorção de água média: menor ou igual a 37%;
- Índice de permeabilidade: sem apresentação de vazamento ou bolhas no lado oposto quando submetido à água, de acordo com ensaio especificado na norma NBR 5642/93 – Telha de Fibrocimento - Verificação da Impermeabilidade.

As telas de fibrocimento podem ser de cores diferentes e possuir ainda outras características técnicas de acordo com o fabricante, sendo específicas para cada modelo, como por exemplo: resistência a fogo, ataques químicos e físicos, entre outros, que devem ser comprovados por laudos técnicos do fabricante.

Figura 12 - Telha de Fibrocimento



Fonte: Leroy Merlin (2020)

### 2.2.6 Telhas de Concreto

As primeiras telhas de concreto tiveram sua origem na Bavária, região sudeste da Alemanha, por volta do Século XIX. Entretanto, sua primeira patente foi registrada apenas em 1844, na Alemanha por Adolf Kroher (FERNANDES, 2012, apud MULLER; SCHNEIDER, 2018).

A ANFATECCO (2007, apud COSTA, 2017, p. 33) salienta a evolução do processo de fabricação da telha de concreto, que inicialmente era feito unitário e manualmente. Em 1919, foi criada uma máquina que podia ser operada mecanicamente e utilizava uma esteira com moldes de ferro fundido. Essa esteira passava por um silo que lançava o concreto nesses moldes, obtendo assim uma maior produtividade. Só em 1925 foi inserido o sistema de extrusão.

“As telhas de concreto são produzidas no Brasil há mais de três décadas, mas seu crescimento foi relativamente lento ao passar dos anos, entretanto, a sua participação no mercado vem crescendo significativamente.” (SILVA; AZEVEDO; MARCELINO, 2015).

Segundo BARBOSA; COSTA; LIMA (2013, p. 31), para confeccionar telhas de concreto são empregues, normalmente, matérias-primas como areia fina e areia média, cimento, plastificante e água. A partir destas, obtemos uma mistura homogênea que estará pronta para o processo de fabricação das telhas.

As telhas de concreto são produzidas através de conformação por compactação ou por extrusão. Podem ser fabricadas em grande quantidade por equipamentos de alta produtividade com processos de adensamento sempre associados à prensagem de grande capacidade. A argamassa produzida necessariamente de forma muito homogênea, é depositada sobre formas metálicas e prensadas a partir de um êmbolo capaz de transmitir o esforço uniformemente em toda a superfície da peça, que define a forma de uma das faces da telha, normalmente a superior, a qual requer melhor acabamento por permanecer à vista do telhado. (ISAIA, 2007, apud COSTA, 2017).

De acordo com CINTRA (2008), a telha é moldada em uma forma que passa por uma esteira, recebendo a argamassa da extrusora. Ainda nos moldes, as telhas são manuseadas em gaiolas e encaminhadas para uma câmara a vapor, onde passam pelo processo de cura. Elas ficam nessa câmara por cerca de 24 horas e, logo após, são colocadas na esteira, onde acontece o desenforme e a aplicação do verniz hidrofulgente, que irá auxiliar na impermeabilização da telha.

Após todo esse processo, os moldes passam por uma lavagem e são novamente colocados na esteira, para reiniciar todo o ciclo de produção.

Figura 13 - Produção artesanal telha concreto



Fonte: Superbid blog 2016

Figura 14 - Produção mecânica telha de concreto



Fonte: Superbid blog 2016

A NBR 13858-2 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), fixa os requisitos dimensionais e geométricos na sua fabricação que são exigidos para a aceitação de telhas de concreto, as quais são destinadas a execução de coberturas. Em relação as exigências, temos:

- Encaixe lateral e nervura dupla, previstos na sobreposição lateral e transversal;
- Garras de fixação nos apoios e alinhamentos;
- Pré-muros para amarração e fixação;
- Projeção horizontal 420mm x 330mm;
- Comprimento útil 320mm;
- Comprimento total 420 mm;
- Espessura  $\geq 10$
- Sua massa pode variar de 4,3Kg até 5,0Kg

Os aspectos físicos que são exigidos para as telhas de concreto pela ABNT, NBR 13858-2 são:

- **Sonoridade:** quando suspensa por uma extremidade e devidamente percutida, a telha deve apresentar som semelhante ao metálico;

- **Empenamento:** quando apoiada sobre um plano horizontal, com sua face inferior voltada para baixo, o afastamento entre o plano e qualquer ponto de contato não deve exceder 3 mm;
- **Absorção de água:** a absorção de água da telha não deve ser superior a 10%;
- **Permeabilidade:** a telha não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, sendo, porém, tolerado o aparecimento de manchas de umidade.

Nos últimos dois anos, conforme nos diz a AECWeb, se obteve um aumento significativo de fabricantes de telhas de concreto, e os já existentes passaram a buscar novas tecnologias e operar em plena capacidade, o que tem sido suficiente para atender bem o mercado. Hoje, no Brasil, segundo o gerente de projeto e indústria da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), Cláudio Oliveira, existem aproximadamente 60 fábricas com capacidade instalada de 60 milhões de telhas/mês, saldo que, em 2006, era de 40 milhões de telhas/mês, o que representa um aumento de 50% na produção.

Figura 15- Telha de Concreto



Fonte: Rov Telhas (2020)

### 2.2.7 Telhas cerâmicas

Conforme Willians Grimmer (2002), a telha cerâmica surgiu na China, por volta de 10.000 A.C. e no oriente médio pouco tempo depois. Sua utilização espalhou-se pela Europa e

Ásia, persistindo até os dias atuais, sendo também levada à América através dos colonizadores europeus, onde foi largamente utilizada desde o século XVII.

Sua chegada ao Brasil foi marcada pela época do Brasil colonial, com as “telhas na coxa” feita por escravos que já não podiam fazer trabalhos mais pesados, com um certo problema de diferentes tamanhos. Até hoje elas são muito utilizadas, principalmente pelo seu aspecto visual e pela durabilidade, e geralmente em edificações menores.

Figura 16 - "Telhas nas coxas"



Fonte: [cdn.olhares](https://cdn.olhares.com)

A telha cerâmica é produzida em olarias e de forma artesanal. De acordo com Soares e Nascimento (2007), atualmente já segue as normas de qualidade, bem como testes técnicos para se avaliar as características exigidas. As propriedades do produto final estão diretamente relacionadas com as características iniciais das matérias primas, como granulometria, plasticidade e composição mineralógica, dentre outras, assim como também com um controle rigoroso das etapas de processamento, principalmente da etapa de queima (SANTOS 2012 p,17).

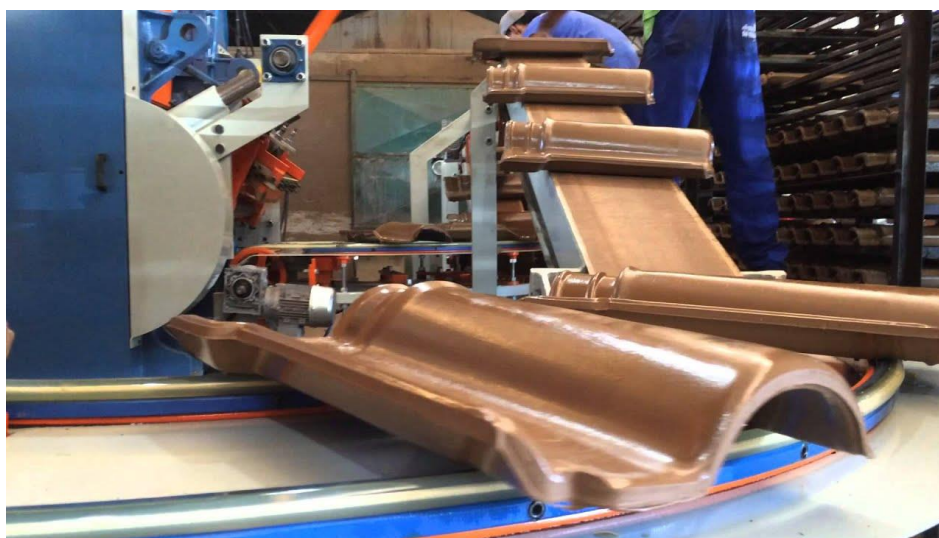
“A fabricação de telhas cerâmicas depende muito das características das massas formuladas, as quais são constituídas basicamente por argilas plásticas e não plásticas” (SANTOS 2012 p,18). Seu processo produtivo consiste em quatro estágios: preparação da massa, conformação das peças, secagem e queima (LESSA, 2009 p. 63).

A argila é um material da era primitiva da humanidade e era usada, inicialmente, para a construção de casas. Tempos depois, descobriu-se que o cozimento desse material causa o endurecimento do mesmo, o que o transforma em um material chamado de cerâmica. Argila é um mineral composto de filossilicatos de alumínio que, quando misturado com água, forma uma massa plástica que pode ser moldada e conservar a forma se submetida ao calor.

A preparação da massa consiste na mistura de forma empírica de argila gorda, mais plástica, com argila magra, que funciona como redutor de plasticidade e 20% de água (LESSA, 2009 p. 63). Logo que se obtém a mistura desejada, a massa passa por um processo de extrusão e prensagem, depois de ser colocada na forma, que pode ser de diferentes formatos, e segue para o processo de secagem com ar quente.

As telhas são levadas aos fornos onde ficam de 8 a 13h, dependendo da fábrica, e da potência do forno com temperaturas que podem variar de 650°C a 1000°C, até obter o produto com as características desejadas de acordo com as normas.

Figura 17 - Produção mecânica telhas cerâmicas



Fonte: Soluções industriais 2019

A telha cerâmica apresenta-se em diversos modelos, a saber: telha francesa ou plana, telha romana, telha portuguesa, telha capa-canal ou colonial (LESSA, 2009 p. 63). Ainda podem ser de diferentes cores ou revestimentos, podendo ser pintadas, com um amplo mercado de tipos marcas e modelos.

As telhas devem obedecer aos seguintes características segundo LESSA 2009:

- Resistência de ruptura a flexão maior que 1.000N;
- Baixo índice de absorção de água, menor que 20%;
- Alto grau de impermeabilidade;
- Elevada resistência térmica.

Além disso, é de grande importância que possuam superfícies lisas para facilitar o escoamento das águas, inexistência de fissuras, microfissuras, esfoliações, quebras, rebarbas ou qualquer defeito que prejudique o perfeito encaixe entre os componentes. Essas são algumas das muitas especificações que o produto precisa obedecer (SANTOS 2012 p,42).



As argilas vermelhas são as mais consumidas pelas indústrias de produtos cerâmicos, ficando seu consumo na ordem de 70.000 toneladas/ano (LESSA, 2009 p. 63). Segundo dados da Anicer, 2009, a produção mensal brasileira de telha cerâmica é de 1.300.000.000 peças, consumindo 2.500.000 toneladas de argila por mês.

Figura 18 - Telha de Cerâmica



Fonte: Cerâmica Santana (2020)

### 2.3 ANALISAR DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS TELHAS EMPREGADAS NA CONSTRUÇÃO.

Para cada tipo de telha, existe uma normativa (NBR) a qual ela deve seguir. Essa norma dita todos os aspectos e requisitos que ela deve ter para estar dentro dos padrões. Entretanto, existem algumas especificações que devem constar em todas elas, que são:

- Bom isolamento térmico;
- Baixo índice de absorção de água;
- Alto índice de impermeabilidade;
- Alta durabilidade;
- Resistência mecânica e flexão adequada;
- Dimensões e peso adequados a estrutura de suporte;
- Baixo índice de propagação superficial de chamas;

É fundamental levar em consideração as mudanças climáticas, a saúde humana, a qualidade de ecossistema, a absorção de água e a quantidade de recursos disponíveis antes da fabricação e aplicação do revestimento de telhado (VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2018).

Em seu estudo, LESSA (2009) apresenta uma tabela com a relação das características que possuem e a respectiva norma em que se enquadra, sendo que para algumas características não há normas. Segue abaixo o quadro que permite uma melhor visualização.

Tabela 1 – Requisitos x normas

	REQUISITO	NORMA DE REFERÊNCIA
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	CARGA DE RUPTURA À FLEXÃO $\geq 600N$	NBR 15.210/2003 - 1
	ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA $\leq 37\%$	NBR 6.470/1993
	IMPERMEABILIDADE: Não apresenta bolhas/vazamento na face oposta quando submetida aos ensaios previstos em norma	NBR 15.210-1/2003 NBR 15.210-2/2003
	BOM ISOLANTE TÉRMICO	NBR 15220/2003
	MATERIAL NÃO PROPAGADOR DE CHAMA – Classe A	NBR 9442/1986
	DURABILIDADE , $L \geq 0,70$	NBR 15.210-1/2003 NBR 15.210-2/2003
	ACEITAÇÃO DE TINTAS DE ACABAMENTO OU PIGMENTAÇÃO	Não há
	VARIEDADE DE MODELOS	NBR 15.210/2003-1

	MATERIAL NÃO FRÁGIL	Não há
<b>PROCESSO PRODUTIVO</b>	MATÉRIAS-PRIMAS NÃO TÓXICA/REICLADA/RENOVÁVEL	Não há
	ENERGIA DE PRODUÇÃO RENOVÁVEL	Não há
	ECOEFICIÊNCIA PRODUTIVA: reaproveitamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos	Não há
	EMISSIONES ATMOSFÉRICAS: tendendo para zero	Não há
<b>INSTALAÇÃO</b>	NÃO LIBERAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS DURANTE À APLICAÇÃO	Não há
	NÃO LIBERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, EFLUENTES E EMISSIONES ATMOSFÉRICAS DURANTE À APLICAÇÃO	Não há
<b>USO</b>	NÃO LIBERA SUBSTÂNCIAS TÓXICAS DURANTE O USO	Não há
<b>FINAL DA VIDA ÚTIL</b>	REICLÁVEL/ REUTILIZÁVEL/ BIODEGRADÁVEL, sem toxidade para aterros	Não há
<b>ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS</b>	CUSTO COMPATÍVEL COM AS TELHAS DE MERCADO	Não há
	GERAÇÃO DE EMPREGO DURANTE A VIDA DO PRODUTO	Não há
	GERADOR DE EMPREGO NA FABRICAÇÃO	Não há
	CAPACIDADE PRODUTIVA PARA ATENDER DEMANDA	Não há

Fonte: LESSA 2009

A telha tetra Pak é produzida com resíduo de embalagem de leite longa-vida (polietileno, alumínio e celulose), muito semelhante à composição da telha-tubo, compartilhando de praticamente todas as características. Segundo LESSA as telhas apresentam ser “bom isolante térmico (30% a 40% menos calor que telhas de amianto).”

Testes referentes ao conforto térmico foram realizados por VECCHIA (2002) apud CERQUEIRA, comparando-se as telhas fabricadas de polietileno / alumínio da empresa A, com similares de cerâmica e de zinco. Concluiu-se que, ao longo do ano, a temperatura superficial constatada pela telha de zinco foi de 67 o C, seguida pela de polietileno/4 alumínio, com 47 o C, e de cerâmica, 41 o C. Já as temperaturas internas não apresentaram diferenças significativas - entre 22 e 23,5 o C, em média - e nos dias mais quentes do ano variação de 32 a 33 o C.

De acordo com Savastano Jr. (1996 apud LESSA 2009), a eficiência térmica da telha com fibra de papel é semelhante à da telha de fibrocimento enegrecida pelo tempo. Quando

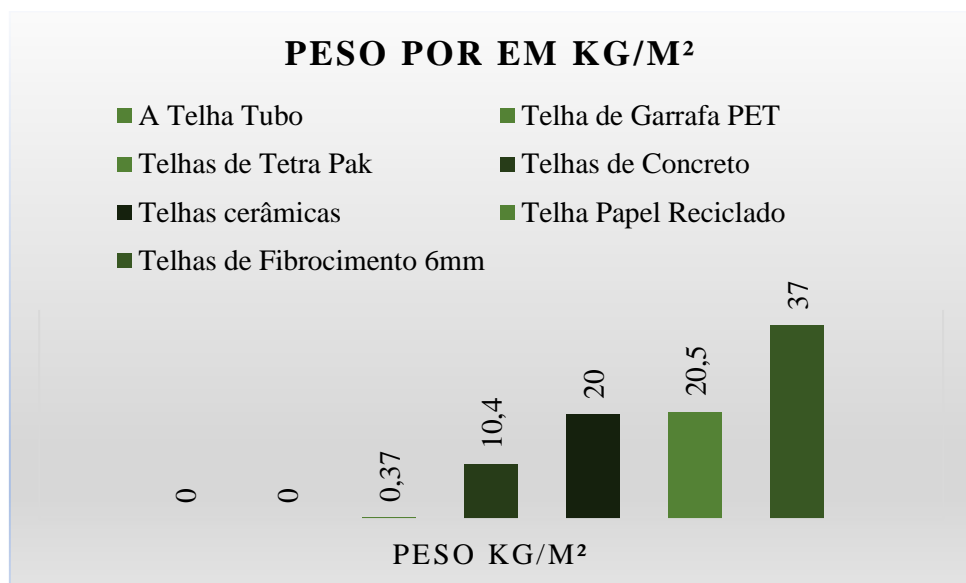
recebe pintura pode ter eficiência energética superior às da telha de cimento-amianto também revestida com tinta branca.

As telhas de fibrocimento são fabricadas em diversas ondulações e dimensões, resultando em diversos modelos. Essa diversidade de modelos e tamanhos proporciona uma variedade de opções para o consumidor final (LESSA 2009p. 60). Além disso a telha de fibrocimento é uma das mais difundidas no mercado, podendo ser encontrada com muita facilidade em praticamente todos os materiais de construção, sendo um de seus grandes pontos positivos.

“A telha cerâmica apresenta-se em diversos modelos, a saber: telha francesa ou plana, telha romana, telha portuguesa, telha capa-canal ou colonial. As variantes entre elas em relação às propriedades se limitam ao desenho, tamanho e peso da peça”. (LESSA 2009 p.65). Assim como a telha cerâmica, a telha de concreto se destaca pela sua estética que agrada a muitas construções, além de desempenhar o papel principal de cobertura e proteção.

Com relação ao baixo índice de absorção de água, estão relacionados no gráfico e tabela a seguir os índices correspondentes a cada telha.

Tabela 2 - índice de absorção de água



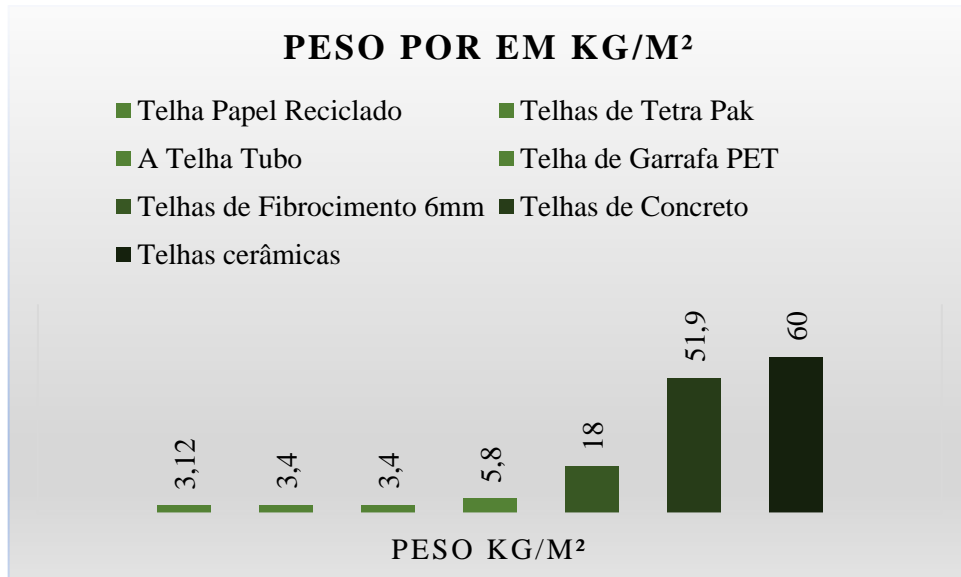
*índice de absorção de água*

<i>telha</i>	<i>(%)</i>
<i>A Telha Tubo</i>	<i>0</i>
<i>Telha de Garrafa PET</i>	<i>0</i>
<i>Telhas de Tetra Pak</i>	<i>0,37</i>
<i>Telhas de Concreto</i>	<i>10,4</i>
<i>Telhas cerâmicas</i>	<i>20</i>
<i>Telha Papel Reciclado</i>	<i>20,5</i>
<i>Telhas de Fibrocimento 6mm</i>	<i>37</i>

Fonte: o autor

As telhas pet apresentam as mesmas características visuais das telhas de concreto e da telha cerâmica, porém com menor peso. As demais telhas são tubulares e possuem também uma variação de peso se compararmos as recicladas com as convencionais.

Tabela 3 – Peso específico



<i>Telha</i>	<i>peso kg/m<sup>2</sup></i>
<i>Telha Papel Reciclado</i>	3,12
<i>Telhas de Tetra Pak</i>	3,4
<i>A Telha Tubo</i>	3,4
<i>Telha de Garrafa PET</i>	5,8
<i>Telhas de Fibrocimento 6mm</i>	18
<i>Telhas de Concreto</i>	51,9
<i>Telhas cerâmicas</i>	60

Fonte: o autor

## 2.4 CONSTATAR A SUSTENTABILIDADE E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS.

Com o passar dos anos, muitos outros conceitos foram atribuídos à sustentabilidade sendo ela aplicada nas mais diversas áreas, sendo assim, a sustentabilidade pode ser dividida em três principais pilares: econômico, ambiental e social.

“A dimensão ambiental ou ecológica estimula empresas a considerarem o impacto de suas atividades sobre o meio ambiente, na forma de utilização dos recursos naturais, e contribui para a integração da administração ambiental na rotina de trabalho” (ALMEIDA,2002 apud DE OLIVEIRA CLARO 2008 p.02)

A matéria publicada pela ECO BRASIL relata sobre a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD que apresenta no documento “Our Common Future” (Nosso Futuro Comum) soluções e medidas para o desenvolvimento. Dentre elas podemos relacionar as seguintes:

- Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- Diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;
- Aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- Implantação de um programa de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU).
- Uso de novos materiais na construção;
- Reciclagem de materiais reaproveitáveis;

Tratando-se de meio ambiente, no Brasil, em 2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) lei federal que determina:

A Resolução CONAMA nº 2, de 18 de abril de 1996 (Publicação - Diário Oficial da União - 25/04/1996) determina que para o licenciamento de atividades de relevante impacto ambiental, terão como um dos requisitos, a implantação de uma Unidade de Conservação, a fim de minimizar os danos ambientais causados pela destruição de florestas e outros ecossistemas. O § 2º do artigo 214 da Constituição do Estado de Minas Gerais determina que:" Art. 214 - Todos têm direito a meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, e ao Estado e à coletividade é imposto o dever de defendê-lo e conservá-lo para as gerações presentes e futuras.

Segundo o Artigo 9 da Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, “Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. ”

Na preservação ambiental podemos destacar a reciclagem definida por FRAGMAQ como “um processo que consiste na transformação de materiais usados em produtos novos, que poderão ser reinseridos na cadeia de consumo sem a necessidade de extrair mais recursos naturais.”

Conforme entrevista realizada com Andre Vilhena pela BRK AMBIENTAL (2019)

O último Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, documento divulgado pela Abrelpe, em 2017 a geração total de resíduos sólidos urbanos no Brasil foi de 78,4 milhões de toneladas. Esse valor representa um crescimento de 1% em relação ao ano anterior (2016), passando de 212.753 toneladas por dia para 214.868 t/dia. De acordo com dados da PNRS, cerca de 30% de todo o lixo colhido no Brasil têm potencial de reciclagem, mas apenas 3% é reaproveitado e transformado novamente em produtos.

Essa pesquisa revela que há um grande desperdício em vários setores. O primeiro deles é o ambiental, visto que mais lixo é destinado aos aterros sanitários, diminuindo a sua vida útil. Além disso, há o ponto de vista econômico e social, uma vez que a reciclagem de materiais pode ser uma fonte de renda para as famílias brasileiras, e gera valor e economia para as empresas.

A fim de fazer um comparativo entre as telhas ecológicas e telhas convencionais, relacionaremos abaixo os materiais e seus impactos ambientais.

#### **2.4.1 Embalagens Tetra Pak**

Embalagem cartonada é o nome do produto caracterizado por ser formado de papel-cartão, folha de alumínio e plástico. A Tetra Pak é a principal empresa produtora desse material, e segundo a ECYCLE é a “maior fornecedora do mundo de embalagem cartonada para caixa de leite (de origem animal e vegetal), sopas, sucos e outros produtos líquidos alimentares.”

FOGAÇA, em sua publicação para o Mundo Educação, relata sobre as matérias primas para produção das embalagens cartonadas:

- Papel é proveniente da celulose das madeiras das árvores, o que gera desmatamento e todas as consequências desse processo. Sobre essa questão, todas as embalagens brasileiras recebem o selo FSC® (Conselho de Manejo Florestal), que garante que o material da embalagem vem de florestas replantadas e certificadas de manejo responsável e/ou de fontes controladas
- Alumínio é produzido industrialmente por meio do processo de Hall-Héroult, em que é feita a eletrólise de uma mistura fundida de criolita e alumina. A alumina é o nome dado ao minério bauxita quando está livre de impurezas. A obtenção do alumínio por meio da reciclagem consome 5% menos energia em relação à obtenção por meio da bauxita.
- Polietileno, ele é resultado da polimerização por adição de várias moléculas sucessivas de eteno ou etileno, cuja maior fonte de obtenção são reservas fósseis de petróleo. A extração do petróleo também causa grande impacto ambiental, além de o próprio plástico no meio ambiente demorar muito tempo para se degradar. Outro ponto

é que, quando a embalagem contém também uma tampa com rosca em plástico, há mais prático para o consumidor, o que significa uma maior quantidade de plástico na embalagem.

A empresa Tetra Pak, em seu Relatório De Sustentabilidade 2020 diz que:

O fornecimento responsável é um objetivo estratégico para nossas organizações de compras. Além dos requisitos que aplicamos a todos os nossos fornecedores, temos regras ainda mais rigorosas para os fornecedores das 3,1 milhões de toneladas de materiais de base (papelão, polímero e alumínio) que adquirimos para nossas embalagens todos os anos. Nosso processo de gerenciamento para fornecedores de materiais básicos inclui o estabelecimento de metas de redução de emissões de CO2 e relatamos o desempenho dos fornecedores em relação a isto. Nós nos concentramos em oportunidades de melhoria e alocamos compras para maximizar a redução da pegada de carbono.

“No Brasil, mais de 81 mil toneladas de embalagens pós-consumo foram recicladas somente em 2019. Em partes, o número é resultado da condução de ações socioambientais realizadas pela companhia, que impactaram mais de 135 mil pessoas no último ano.” (CICLO VIVO 2020). Segundo a empresa Tetra Pak (2020), 50 bilhões de embalagens da Tetra Pak foram recicladas no mundo em 2019, 26% do total de embalagens produzidas. 170 fábricas em todo o mundo são responsáveis por essa reciclagem.

#### **2.4.2 A telha de papel reciclado**

Conforme LESSA (2009), a telha de papel reciclado é constituída basicamente pela associação de três materiais: “fibra vegetal extraída de resíduo de papel, água e emulsão asfáltica”.

Para a fabricação “pode ser utilizado qualquer tipo de papel reciclável, sendo mais usados o papel tipo Kraft, proveniente de embalagens e o papel jornal. O papel Kraft é o mais resistente por possuir fibras de celulose mais longas.” (LESSA 2009, p.71). Além disso, a telha de papel reciclado ser proveniente das mais variáveis matérias, como papelão, jornais entre outros, que serão selecionados triturados e levados ao silo para espera da produção.

A emulsão asfáltica, também conhecida como “betume é um produto de natureza orgânica e origem natural, composto por uma mistura de hidrocarbonetos. São materiais aglomerantes, ou seja, ligantes, porém não necessitam de adição de água para iniciarem a pega.” (LESSA 2009, p.72). Popularmente difundido na construção civil é muito empregado nas vigas baldrame como impermeabilizante, tendo como sua principal característica evitar a capilaridade da água por meio do concreto, tijolos, reboco ou materiais similares.

De acordo com LESSA “o cimento asfáltico de petróleo, denominado CAP, conhecido como betume e usado no revestimento da telha, é um produto com boas propriedades



impermeabilizantes e aglutinadoras”. Assim como nas lajes impermeabilizadas, nas telhas esse material pode perder parte de suas características de acordo com o tempo devido a intemperes as quais é exposto em coberturas, contudo, possui baixo custo para reaplicação, que deve ser feita com os cuidados necessários de acordo com o fabricante pela sua toxicidade.

### 2.4.3 Garrafas PET

“O PET - Poli (Tereftalato de Etileno) - é um poliéster, polímero termoplástico. “ (ABIPET 2012) foi criado em 1941 por Whinfield e Dickson, britânicos e químicos, e é um “polímero termoplástico formado pela reação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol” (MOURA 2017)

Os principais impactos ambientais causados pelos materiais PET:

- Produção de POPs poluentes orgânicos persistentes, substâncias biocumulativas, não eliminadas pelos organismos vivos que as absorvem, dificilmente dissolvidas pelo meio ambiente. (GONÇALVES-DIAS et al 2006 apud DAMÁSIO et al 2015 p.3);
- Pode permanecer na natureza até sua degradação de 400 a 800 anos. Sendo o principal poluente nos grandes oceanos, (MOURA 2017);
- Causador de grande parte do problema de enchentes por decorrência de entupimento de canais e bueiros.

Segundo a (ABIPET 2012), a reciclagem de PET colabora para preservação ambiental e a atividade alcança plenamente os três pilares do desenvolvimento sustentável: benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Ainda conforme os dados da (ABIPET 2012), reciclagem acontece em três etapas básicas:

- Recuperação – que se inicia no momento do descarte e termina com a confecção do fardo, que se torna sucata comercializável.
- Revalorização – com início na compra da sucata em fardos e fim na produção de matéria-prima reciclada.
- Transformação – final do processo completo de reciclagem, é a utilização da matéria-prima oriunda das garrafas de PET pós-consumo para a fabricação de inúmeros.

A publicação da Redação Mundo do Plástico (2021) relata sobre um estudo realizado pela MaxiQuim no Brasil em 2018, referente a reciclagem de plástico. Um estudo encomendado pelo Plano de Incentivo à Cadeia do Plástico (o PICPlast) apresenta os seguintes dados abaixo apresentados:



- O Alumínio possui a função de dar proteção contra a entrada de luz e de oxigênio. Além de impedir troca de aroma entre a pasta e o meio externo, evitando assim que a pasta se deteriore.
- O Polietileno de baixa densidade possui alta flexibilidade, leveza e tenacidade, dando ao tubo dental uma resistência à pressão e dobramento que o usuário irá exercer sem danificá-lo e sem perder as propriedades que o dentífrico deve ter. Possui resistência à água e ao ar, dando durabilidade ao produto no qual for empregado. Já os copolímeros adesivos são usados para a união dos demais materiais.
- As tampas utilizadas nos tubos de dentífricos têm como função principal a vedação do tubo para proteção da pasta dental em seu interior. Fabricadas em PP (Polipropileno), material plástico extraído do petróleo, podem causar danos ambientais.

O grande problema desse material é seu descarte. Por ser um material com grandes aspectos de resistência em um aterro pode durar mais de 400 anos. Em uma publicação da CICLOVIVO (2019), informa-se que a empresa Colgate afirma que a pasta dental gera um descarte de 20 bilhões de tubos anualmente em todo o mundo.

#### **2.4.5 A telha de fibrocimento**

O amianto ou asbesto, como é chamado, tem o nome de origem latina *amianthus* que significa “inocorrível”, e também do grego *asbesto* quer dizer: “o que não pode ser destruído pelo fogo” (MARQUES; GOMES; KERN 2016). Constituído basicamente por o silicato de magnésio, sem presença de elementos orgânicos, é encontrado na natureza em estado bruto. Tem sua origem em rochas metamórficas, e com o passar de centenas de anos transformou-se em um material fibroso.

O uso desse material é muito criticado pelos defensores do meio ambiente devido ao fato da sua composição conter minérios retirados da natureza, dentre eles o amianto, prejudicial à saúde humana e com uso banido em vários países do mundo (LESSA, 2009 p. 50). O amianto brasileiro vem da mina de Cana Brava em Minaçu, no estado de Goiás, a maior da América do Sul (LESSA 2009 p. 43).

Entre outros problemas relacionados a utilização do amianto está fibrose pulmonar, alguns tipos de cânceres, como o pulmonar, na laringe e gastrointestinais. Além disso, são comuns problemas de cicatrização relacionado ao corte por materiais que possuem amianto na composição.

Apesar das críticas, esse material ainda é utilizado na construção por não possuir nenhuma lei brasileira restringindo a utilização.

Fabricantes de telha de fibrocimento defendem o uso do amianto crisólita, alegando que o dano à saúde depende do tipo, do uso e da tecnologia empregada nos processos com esse mineral e que só o amianto anfíbio causa esses tipos de doenças, por

possuir grandes concentrações de ferro em sua composição. Eles afirmam, ainda que não há registros na literatura médica e nem na OMS – Organização Mundial de Saúde que disponha sobre doenças relacionadas a usuários de produtos que contenham a fibra de amianto em sua composição, como as telhas de fibrocimento. (LESSA, 2009 p. 55-54)

Figura 20 - Amianto



Fonte: Jennifer Fogaça 2021

#### **2.4.6 Telhas de concreto**

As telhas de concreto são, como seu próprio nome diz, feitas a partir de concreto e de matérias-primas como areia fina e areia média, cimento, plastificante e água. “O concreto é o material mais utilizado na Indústria da Construção civil a nível mundial, são cerca de 2.000Mt ao ano, o que faz com que cada vez mais pesquisas sejam feitas no intuito de diminuir o impacto desta matéria prima no meio ambiente” (Meirelles 2009 apud GEMELE; ZANINI; BERTOLINI 2015).

Dentre estas pesquisas, algumas delas visam investigar a possibilidade de adição de resíduos ao concreto, tais como: cinzas volantes, escórias de alto-forno, sílica de fumo, cinzas de resíduos vegetais, cinzas de resíduos sólidos urbanos, resíduos de vidro, resíduos da indústria automobilística, resíduos de plástico, resíduos têxteis, pó de pedra da indústria das rochas ornamentais, de extração de agregados e da indústria cerâmica, e os resíduos de construção e demolição, com destaque para a utilização de resíduos cerâmicos como agregados, com o intuito de diminuir a utilização de concreto na construção civil (MEIRELLES, 2009 apud GEMELE; ZANINI; BERTOLINI 2015).

### 2.4.7 A telha cerâmica compostas por argilas

A telha cerâmica é constituída basicamente por argila. A argila pode conter diferentes elementos na sua composição, como sílica, alumina, mica, ferro, cálcio, magnésio e matéria orgânica (LESSA, 2009 p. 63). Graças aos argilominerais, as argilas, na presença de água, desenvolvem uma série de propriedades, tais como: plasticidade, resistência mecânica, retração linear de secagem e compactação (SANTOS 2012 p,22).

“As argilas vermelhas são as mais consumidas pelas indústrias de produtos cerâmicos, ficando seu consumo na ordem de 70.000 toneladas/ano. Possuem baixo custo unitário, o que inviabiliza o seu transporte para grandes distâncias, fato que leva as olarias se situarem próximas as jazidas desse minério” (TANNO, MOTTA, apud LESSA 2009, p. 62).

Um estudo feito por SANTOS JR, E. L. et al, em 2017 aponta os seguintes dados:

A indústria cerâmica brasileira tem participação de cerca de 1% no PIB Nacional, sendo aproximadamente 40% desta participação representada pelo setor de cerâmica vermelha, também conhecida por cerâmica estrutural. Este setor consome cerca de 70 milhões de toneladas de matérias primas por ano, através das 12 mil empresas distribuídas pelo país, a maioria de pequeno porte, gerando centenas de milhares de empregos (Macedo et al., 2012).

Dentre os setores e segmentos que causam impacto no meio ambiente, destaca-se o segmento de cerâmica vermelha, por possuir estrutura e características particulares. Neste setor são produzidos telhas, tijolos e blocos cerâmicos, o que o torna um dos principais fornecedores do setor de construção civil. Os problemas ambientais gerados referem-se, especialmente, a extração e consumo de matérias-primas: argila, água, lenha, etc.; rejeitos de produção, principalmente, produtos defeituosos e emissões gasosas (material particulado), oriundas da queima (Lima, 2008)

No Brasil, tal setor apresenta uma grande dificuldade de obtenção de dados estatísticos e indicadores de desempenho, causando, assim, uma deficiência para acompanhar o seu crescimento e melhorar sua competitividade. Além da dificuldade de obtenção de dados, o segmento de cerâmica vermelha apresenta uma série de problemas, tanto ambientais como de qualidade dos produtos. É uma atividade de base ao possibilitar a construção civil, em geral, desde a mais simples à mais sofisticada.

Figura 21 - Forno telha cerâmica



Fonte: Hayrton 2014.

Os principais impactos ambientais encontrados foram o desmatamento das áreas de extração, as cavas no solo, a poluição do ar decorrente da queima dos tijolos e de segurança dos trabalhadores. (HAYRTON 2014).

## 2.5 COMPARAR CUSTOS ENTRE AS TELHAS DE MATERIAL RECICLADO E MATERIAL CONVENCIONAL.

As análises econômicas estão relacionadas com o custo do material e sua capacidade de atender a demanda de mercado, ou seja, a sua escala de produção, (LESSA, 2009 p. 120). Apesar de ser novidade o fato das telhas ecológicas possuírem um caráter favorável no desenvolvimento humano, elas devem possuir um valor semelhante ao já praticado no mercado.

Um produto tem seu valor de acordo com as funções que o mesmo exerce, isso está diretamente ligado ao consumidor que é quem determina quanto vale ou quanto está disposto a pagar pela função ou propriedade que um produto dispõe.

Tratando-se de telhas, sua principal função é a vedação horizontal, a qual todas devem atender, impedindo intemperes ao interior da construção. A partir disso, podemos conceituar outras funções que são responsáveis pelo custo do material.

Conforme LESSA (2009) podemos destacar as seguintes funções:

- Proteger horizontalmente o edifício contra a passagem de sólidos, ação ambiental de água e vento;
- Proteger horizontalmente o edifício contra a passagem do calor exterior;
- Não propagar chamas, em caso de incêndio;
- Resistir mecanicamente à flexão, quando executada sobre estruturas mais econômicas;
- Ter vida útil compatível com a durabilidade das edificações;
- Contribuir esteticamente com a edificação;
- Ter um custo compatível com as funções a que se propõe

Estando diretamente ligada às funções relacionadas podemos destacar a diferença de preços por natureza estética, que causam maior impacto diretamente no produto. Além desta individualidade, destaca-se a estrutura nas quais as coberturas são empregadas, sendo o peso o maior responsável.

Telhas como fibrocimento, telha de Tetra Pak, telha Tubo, telha Papel reciclado, utilizam de madeiramento mais espaçado e deve-se atender às normas dos fabricantes que recomendam a distância necessária para o madeiramento, porém, de forma geral, na base comparativa são adotadas médias nas quais não há variação considerável.

Figura 22 - Comparativo madeiramento de coberturas



Fonte: Clique Arquitetura 2012

VOITILLE (2012) em seu artigo aborda o comparativo da Odulite.

“Este é um comparativo da Onduline, o qual é muito interessante: telhas de barro consomem 154,20% a mais de madeira na estrutura do telhado do que as telhas ecológicas da Onduline (as quais são leves). Em média, as telhas de barro consomem 58,90% a mais de materiais do que o telhado feito com o material ecológico aqui indicado. Já em relação aos telhados de fibrocimento: estes consomem aproximadamente 27,8% a mais de madeira na estrutura e 1,3% a mais de materiais do que o telhado de telha ecológica.”

A telha deve atender ao custo benefício, que se refere a atender à necessidade do cliente, bem como a durabilidade necessária por um custo razoável. A cobertura é definida de acordo com o gosto do cliente, podendo variar de acordo com a telha escolhida e ainda a estrutura necessária para a mesma.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos estudos obtidos, pode ser constatado que as telhas feitas a partir de materiais reciclados estão de acordo com os requisitos necessários para que se dispõem e possuem a mesma eficiência primária de vedação horizontal propostas pelas telhas já utilizadas pela humanidade desde o começo das civilizações.

As telhas confeccionadas a partir da reciclagem, proporcionam um reaproveitamento de recursos, que ajudam o meio ambiente diminuindo a poluição e o descarte em lixões. Todavia, existe um problema de reciclagem pelo descarte incorreto, que causa problemas no reaproveitamento desses resíduos. A CNN Brasil (MAURÍCIO; FORSTER 2020) diz que “Só de plásticos são 6 milhões de toneladas. Papel ou papelão representam 4,7 milhões. Vidro (1 milhão) e alumínio (185 mil), os principais materiais não reaproveitados.”

Referente aos impactos ambientais, ainda foi constatado que o processo sustentável é aquele que tem uma análise do ciclo de vida de um material (Kiperstok et al. 2002), sendo assim, deve-se averiguar que as telhas aqui apresentadas, denominadas como sustentáveis, não apresentam o ciclo de vida completo. Sabemos que elas provêm de material reciclado, porém os estudos não comprovam qual o seu descarte.

As telhas comuns apresentam também impactos negativos ao meio ambiente por serem feitas a partir de matérias primas não renováveis, e ainda com materiais como o amianto que, conforme o estudo, continua sendo utilizado em alguns locais do mundo. Apesar de relatórios de empresas que afirmam ter cuidados com a extração e produção, não existe um controle de descarte.

Todas as telhas apresentam capacidade em atender as normas técnicas, porém cabe a cada fabricante produzir de acordo com as mesmas, atendendo assim todos os requisitos apresentados. Apesar de possuírem características que possibilitam uma longa vida útil, não foram encontrados laudos técnicos comprovando o tempo de vida útil das telhas ecológicas, principalmente por ainda serem recentes.

As telhas recicláveis apresentam grandes benefícios aos consumidores e à natureza, pela eficiência ecológica, sustentabilidade, conforto térmico e ainda sua capacidade em atender as necessidades básicas de vedação. Contudo, apresentam dificuldade em disponibilidade no mercado, afinal sua produção ainda é menor do que a das telhas comuns, o que dificulta sua compra. Algumas telhas recicladas possuem um valor agregado maior que o praticado pelas telhas comuns.

Com relação ao custo benefício, pode-se destacar que a escolha das telhas está diretamente ligada ao consumidor final, pela sua função e aspecto visual. Sendo assim podemos destacar que:

Telhas cerâmicas e telhas de concreto quando escolhidas por uma visão arquitetônica, possuem uma preferência por apresentarem melhor estética. Contudo, com um preço superior, tanto na telha em si, quanto na estrutura necessária de emadeiramento, a telha pet se encaixa também pela sua estética ser muito parecida e ainda sendo mais leve proporciona economia na estrutura.

As telhas tubo Pak, papel reciclado e fibrocimento, apresentam as mesmas características estéticas, porém, com preço abaixo das telhas citadas anteriormente, tanto na telha, quanto na estrutura por se tratarem de telhas muito mais leves e de dimensões maiores, o que permite menor quantidade em madeira ou metal na sua sustentação, todavia existe uma variação de valor entre cada uma.

Tabela: Comparação de flexão e absorção de água Fibrocimento e telhas plástico/alumínio (Tetra Pak, telha Tubo)

Os valores podem variar de acordo com a localização geográfica, por se tratar de um país com grande extensão territorial, sendo que algumas fábricas não estão dispostas por todo o território, causando um acréscimo decorrente do transporte.

Tabela 4 - Comparativo entre características das telhas

Características	Telhas						
	Garrafa PET	Papel Reciclado	Tetra Pak	Tubo	Cerâmica	Concreto	Fibrocimento
Índice de absorção de água	0%	20,50%	0%	0%	20%	10,40%	37%
Peso proprio kg/m <sup>2</sup>	5,8	3,12	3,4	3,4	60	51,9	18
Carga de ruptura a flexão	1458 N/M	904,5 N/M	2.683 N/M	2.683 N/M	1.000 N/M	1300 N/M	2.000 N/M
Vedação horizontal	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende
Impactos ambientais na	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo
Impactos ambientais no	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo
Conforto térmico	Regular	Bom	Ótimo	Ótimo	bom	Ótimo	Regular
Conforto acústico	Regular	Regular	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Regular
Principal patologia	Empenamento	Estufamento	Empenamento	Empenamento	Quebra	Quebra	Quebra
Baixo índice de propagação	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
Reciclável após vida útil	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Disponibilidade no mercado	Baixa	Baixa	Média	Baixa	Alta	Alta	Alta

Fonte: O Autor

## 4 CONCLUSÃO

Esse estudo foi desenvolvido com intuito de analisar a eficácia da utilização de produtos de base reciclada e os efeitos causados ao meio ambiente entre as telhas convencionais e as telhas de material reciclado, desenvolvendo, também, uma revisão bibliográfica.

O objetivo específico inicial era que, a partir da pesquisa, fosse possível definir os conceitos de cada uma das telhas, apresentando o que é uma telha convencional e o que caracteriza uma telha como ecológica. Foi possível apresentar suas características físicas, estéticas, analisar os impactos ambientais positivos e negativos da fabricação, descarte e suas variáveis econômicas.

Ainda foi possível fazer uma breve análise sobre a capacidade em atender as normas técnicas solicitadas, sendo abordadas as características gerais, as quais todas as telhas devem atender.

A pesquisa partiu da hipótese do custo benefício em telhas ecológicas quando comparadas com as convencionais presentes no mercado. Durante a pesquisa, constatou-se que as telhas são produzidas de materiais reciclados, porém não são sustentáveis por não apresentarem ciclo de vida completa, e ainda pode se observar que, apesar disso, possuem grande efeito positivo ao meio ambiente pela utilização de material reciclado, gerando valor ao produto e emprego às pessoas relacionadas ao mesmo. O seu custo pode variar de acordo com a região, porém, apresentam preços próximos aos já colocados nas telhas convencionais e com as mesmas capacidades, proporcionando ainda conforto térmico, que chega a ser superior em alguns casos.

Assim, podemos constatar que as telhas de materiais reciclados podem ser utilizadas em cobertura desde que apresentados laudos dos fabricantes seguindo as normas. Com relação ao custo benefício, não se pode provar ser superior por decorrência da variação na utilização referente a aspectos estéticos e financeiros. Contudo, apresentam as mesmas capacidades das telhas comuns.

Diante da metodologia proposta, foi possível fazer um comparativo dos dados obtidos em pesquisas, principalmente em relação à veracidade dos aspectos ambientais, porém houve uma limitação em relação aos dados por não encontrar os relatórios técnicos referente a ensaios de cada uma das telhas, decorrente da variedade e quantidade de fabricantes. Ensaios estes que também poderiam ser efetuados através de laboratórios para um melhor comparativo dos aspectos técnicos, sendo essa uma recomendação para uma pesquisa de estudo de caso.

## 5 REFERÊNCIAS

- ABIPET. Associação Brasileira da indústria do PET. Resina PET - O que é PET? 2012 em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=81> Acesso em 30 maio 2021.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997. NBR 13858-2. EM <https://document.onl/documents/nbr-13858-2-abr-1997-telhas-de-concreto-parte-2-requisitos-e-metodos.html>. Acesso 27 maio 2021
- AECWeb. Segmento de telhas de concreto cresce e investe na produção. Em <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/segmento-de-telhas-de-concreto-cresce-e-investe-na-producao/832>. Acesso 27 maio 2021
- ALMEIDA, Igor Santos et al. Reciclagem de garrafas PET para fabricação de telhas. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE, v. 1, n. 3, p. 83-90, 2013. Em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/897/569>. Acesso em: 27/05/2021.
- ARAÚJO, Danniell Cláudio; MORAIS, C. R. S.; ALTIDES, M. E. D. Avaliação mecânica e físico-química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 3, n. 2, p. 50-56, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5642 – Telha de fibrocimento - Verificação de impermeabilidade. Rio de Janeiro, 1993. 2 p.
- BARBOSA, Jéssica Ferreira; COSTA, VS da; LIMA, Márcia Regina Pereira. Avaliação da utilização de lama abrasiva gerada no beneficiamento de mármore e granito para a confecção de telhas de concreto. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 8, n. 1, p. 30-35, 2013. , jan./mai. 2013. Em <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/330/272>. Acesso 27 maio 2021
- BOETTGER, Gabriela Correa. Estudo comparativo entre telhas onduladas de fibrocimento e telhas onduladas ecológicas. **Engenharia Civil-Tubarão**, 2018.
- BRK AMBIENTAL. Saneamento em pauta. Reciclagem: esclarecemos todas as suas dúvidas. 2019 Em: <https://blog.brkambiental.com.br/reciclagem-no-brasil/> Acesso em: 31 maio 2021.
- CERQUEIRA, Mario Henrique; PAK, Engenheiro de Desenvolvimento Ambiental-Tetra. Placas E Telhas Produzidas A Partir Da Reciclagem Do Polietileno/Alumínio Presentes Nas Embalagens Tetra Pak. Artigos Técnicos, Tetra Pak, 2000. Em: <http://recicoleta.com.br/artigos/Telhas.pdf> acesso em 02 jun. 2021.
- CICLO VIVO Redação. Ciclo Vivo. Tetra Pak reciclou 50 bilhões de embalagens em 2019-27 de agosto de 2020 em <https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/tetra-pak-reciclou-bilhoes-embalagens/> Acesso em: 30 maio 2021.

- CINTRA, A. D. Utilização de pneu moído e resíduos na construção na fabricação de telhas de concreto, p. 45-47. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia civil). Universidade São Francisco, Itatiba, 2008. Em <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1275.pdf>. Acesso 27 maio 2021
- COOPERATIVA VIRA LATA. A NOSSA HISTÓRIA em: <https://viralata.org.br/sobre>. Acesso em: 25 de maio. 2021
- COSTA, Mariane Rodrigues. Estudo comparativo entre a telha cerâmica paulista e a telha de concreto clássica. 2017. Em [https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/jspui/bitstream/123456789/498/1/TCC\\_MarianeRodriguesCosta.pdf](https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/jspui/bitstream/123456789/498/1/TCC_MarianeRodriguesCosta.pdf) Acesso 26 maio 2021
- DAMÁSIO, Diego et al. Retorno de embalagens PET: cenários a partir da responsabilização de fabricantes e distribuidores. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, n. 2. 2015. Em <https://core.ac.uk/download/pdf/231165742.pdf>. Acesso em 30 maio 2021.
- DE OLIVEIRA CLARO, Priscila Borin; CLARO, Danny Pimentel; AMÂNCIO, Robson. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. Revista de Administração, v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008. Em: <https://www.revistas.usp.br/rausp/article/view/44483/48103> Acesso em 27 maio 2021
- DE SOUZA, Lilian Cardoso; BRITO, Eliézer Rouze; DA SILVA, Alberto Nogueira. TELHAS ECOLÓGICA DE PET GERENCIAMENTO DA QUALIDADE. Em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/telha\\_ecologica\\_de\\_pet\\_gerenciamento\\_da\\_qualidade\\_-\\_ok.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/telha_ecologica_de_pet_gerenciamento_da_qualidade_-_ok.pdf). Acesso em 27 maio 2021.
- ECO BRASIL Instituto. Nosso Futuro Comum - Relatório Brundtland. Disponível em [http://www.ecobrasil.eco.br/site\\_content/30-categoria-conceitos/1003-nosso-futuro-comum-relatorio-brundtland](http://www.ecobrasil.eco.br/site_content/30-categoria-conceitos/1003-nosso-futuro-comum-relatorio-brundtland). Acesso em 27 maio 2021.
- ECYCLE. Embalagem Tetra Pak é reciclável? Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/tetra-pak/> Acesso em: 30 maio 2021.
- ETERNIT. RELATÓRIO ANUAL 2016. Em <https://globalri.com.br/eternit/2016/pt/eternit> Acesso em: 20 maio 2021.
- FERREIRA, Denise Castilho; DA SILVA SOUZA, Rafaella; MEDEIROS, Mellyne Palmeira. As Vantagens da Reciclagem de Embalagens Longa Vida para Confecção de Telhas. Publicado em 12 de outubro de 2017 Em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/join/2017/TRABALHO\\_EV081\\_MD4\\_SA45\\_ID2335\\_13092017194103.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/join/2017/TRABALHO_EV081_MD4_SA45_ID2335_13092017194103.pdf) Acesso em 26 maio 2021

FOGAÇA Jennifer Rocha Vargas. Mundo Educação. Embalagens cartonadas e o meio ambiente. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/embalagens-cartonadas-meio-ambiente.htm> Acesso em: 30 maio 2021.

FRAGMAQ. Afinal, qual a importância da reciclagem para o meio ambiente? Publicado em 05 de outubro de 2016. Disponível em <http://www.agmaq.com.br/blog/afinal-importancia-reciclagem-meio-ambiente/> - acesso em 27 maio 2021.

GEMELLI, Mariane; ZANINI, Bárbara; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor. Análise de investimento em telhas com menor impacto ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 502-511, 2015.

GRIMMER, A.; WILLIAMS, P. K. A brief history of clay roofing tile. Disponível em: <https://www.nps.gov/tps/how-to-preserve/briefs/30-clay-tile-roofs.htm> Acesso em: 28 Nov 2020.

GUITARRARA, Paloma . **População Mundial**. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/a-populacao-mundial.htm>. Acesso em: 26 mai. 2021.

HAYRTON. Impactos sociais e ambientais das olarias Outubro 12, 2014 em <https://qualidadeonline.wordpress.com/2014/10/12/impactos-sociais-e-ambientais-das-olarias/> acesso em 31 maio 2021.

IPEA. Guia da coleta seletiva de lixo/texto e coordenação André Vilhena; ilustrações Sandro Falsetti — São Paulo: CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem, 2013.

JARDIM, N. S.; WELLS, C. (Org.). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado / Coordenação geral André Vilhena. – 4. ed. – São Paulo (SP): CEMPRE, 2018.

KIPERSTOK, Asher et al. Inovação como requisito do desenvolvimento sustentável. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 8, n. 6, 2002. Em: <https://www.seer.ufrgs.br/read/article/view/42724> Acesso em: 01 jun. 2021.

LESSA, Mara Lívia Santos. Critérios de sustentabilidade para elementos construtivos: um estudo sobre telhas " ecológicas" empregadas na construção civil. Salvador - Bahia 2009.

LOBO Felipe. ECO. Telhado à base de PET 1 de março de 2010. Em: <https://www.oeco.org.br/reportagens/23535-telhado-a-base-de-pet/>. Acesso em: 27 maio. 2021.

MARQUES, Vinicius Martins; GOMES, Luciana Paulo; KERN, Andrea Parisi. Avaliação ambiental do ciclo de vida de telhas de fibrocimento com fibras de amianto ou com fibras de polipropileno. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 187-201, 2016.

MAURÍCIO Talis e FORSTER Paula. CNN BRASIL. Brasil deixa de ganhar R\$ 14 bilhões com reciclagem de lixo. Em São Paulo 04 de agosto de 2020. Em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/2020/08/04/brasil-deixa-de-ganhar-r-14-bilhoes-com-reciclagem-de-lixo> Acesso em: 02 jun. 2021.

MORAES, Leidiana Dias. Aspectos relevantes da potencialidade e da aplicabilidade da reciclagem de resíduos sólidos na construção civil. Ijuí, RS 2008. Em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Leidiana-Dias-Moraes.pdf> . Acesso em: 25 de maio. 2021

MOURA Kaíque. Engenharia 360. Como são feitas as garrafas PET? 10/07/2017. Em <https://engenharia360.com/como-sao-feitas-as-garrafas-pet/#:~:text=%2B%20E%20como%20funciona%20o%20processo,final%20do%20processo%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 30 maio 2021.

MOURA, Maria Thereza da Costa. Ecotubo: embalagem sustentável de creme dental. 2021. Em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/14315> Acesso em: 30 maio de 2021

MULLER, Hyago Maurício Bremm; SCHNEIDER, Karen Wrobel Straub. Análise De Viabilidade Técnica Da Utilização De Telhas De Concreto Leve Com Adição De Eps Como Agregado Miúdo Em Sinop-Mt. Construindo, v. 10, n. 2, p. 76-103, 2018.

NEVES, Fernando Luiz. Reciclagem de embalagens cartonadas Tetra Pak. O Papel, v. 53, n. 2, p. 38-45, 1999. Em [http://www.ablp.org.br/acervoPDF/04\\_LP53.pdf](http://www.ablp.org.br/acervoPDF/04_LP53.pdf) Acesso em: 27 maio 2021.

PETROBRAS. Associação Vira-Lata inova mercado da construção civil com produção de telhas ecológicas Disponível em: [https://www.agenciapetrobras.com.br/Materia/ExibirMateria?p\\_materia=1548](https://www.agenciapetrobras.com.br/Materia/ExibirMateria?p_materia=1548). Acesso em: 25 de maio. 2021

PORTAL DO MEIO AMBIENTE. CBC ambiental. Embalagens Tetra Pak recicladas se transformam em telhas ecologicamente corretas. Disponível em: <https://www.cbambiental.com.br/noticias/exibir/34>. Acesso em: 26 de maio. 2021

REDAÇÃO MUNDO DO PLÁSTICO. Dados sobre o trabalho de reciclagem de plástico no Brasil. 15 fev., 2021. Em <https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/reciclagem/dados-sobre-o-trabalho-de-reciclagem-de-plstico-no-brasil>. Acesso em 30 de maio de 2021.

Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. (Publicação - Diário Oficial da União - 17/02/1986) disponível em: [http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902#\\_ftn19](http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902#_ftn19) acesso em: 27 maio 2021.

SANTOS JR, E. L. et al. Avaliação de Impacto Ambiental da Indústria Cerâmica Estrutural como Ferramenta da Produção Mais Limpa 2017. Em [http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sexoes/6A/7/santos\\_jr\\_el\\_et\\_al\\_academic.pdf](http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sexoes/6A/7/santos_jr_el_et_al_academic.pdf) acesso em 31 maio 2021

SANTOS, Renato Correia dos et al. Formulação de massas cerâmicas para a produção de telhas. 2012. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/7890> Acesso em: maio 2020.

SILVA, Bruna Gabrielly Teixeira; AZEVEDO, Rafaela Lopes; MARCELINO, Darley Ferreira. Análise dos problemas de uma indústria de telha de concreto: aplicação da etapa planejar do MASP. 2015. 19 f. Artigo científico (Encontro Nacional de Engenharia de Produção)- Universidade do Estado do Pará, Fortaleza, 2015. Em [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_207\\_228\\_28051.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_228_28051.pdf). Acesso 27 maio 2021

SILVA, Mayara Kelly dos Santos, Simpósio Internacional De Ciências Integradas Da Unaerp Campus Guarujá, Sustentabilidade: Mudança dos Padrões de Consumo, A Importância das Telhas Ecológicas no Meio Ambiente. Rio de Janeiro 2006

SOUZA, Ludmilla, Brasil gera 79 milhões de Toneladas de resíduos sólidos por ano. Agência Brasil, São Paulo 08/11/2019. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-11/brasil-gera-79-milhoes-de-toneladas-de-residuos-solidos-por-ano#:~:text=Comparando%20com%20os%20pa%C3%ADses%20da,segundo%20a%20ONU%20Meio%20Ambiente>>. Acesso em: 28 de nov. de 2020

TETRA PAK. Relatório De Sustentabilidade 2020. Disponível em: <https://www.tetrapak.com/pt-br/sustainability/sustainability-updates> Acesso em 30 maio 2021.

VALT, Renata Bachmann Guimarães. Análise do Ciclo de Vida de Embalagens de Pet, de Alumínio e de Vidro para Refrigerantes no Brasil variando a Taxa de Reciclagem dos Materiais. 2004.

VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2018, Um estudo comparativo entre telhas convencionais e alternativas: Uma revisão sistemática da literatura

VILHENA, André Guia da coleta seletiva de lixo/texto e coordenação André Vilhena; ilustrações Sandro Falsetti — São Paulo: CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem, 2013.

VOITILLE Nadine. Clique Arquitetura Telhas Ecológicas, conheça suas características e usos: uma solução sustentável que reduz os custos da obra. 18 de julho de 2012. Em <https://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/telhas-ecologicas.html> acesso em: 02 jun.2021.