

Desempenho de diferentes tipos de telhas ecológicas

Performance of different types of ecological tiles

Eduardo Haefliger Boff, Engenheiro Civil, Universidade do Contestado - UNC

E-mail: eduardo4499@gmail.com

Jakcemara Caprario, Mestre em Engenharia Ambiental, Doutoranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

E-mail: jakcemara@hotmail.com

Nivea Morena Gonçalves Miranda, Mestre em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

E-mail: niveamgm@hotmail.com

Fabiane Andressa Tasca, Mestre em Engenharia Ambiental, Doutoranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

E-mail: fabitasca@gmail.com

Laís Bruna Verona, Engenheira Sanitarista e Ambiental, Mestranda ProfÁgua - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

E-mail: lbverona13@gmail.com

Julio Cesar Rech, Mestre em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental, Universidade do Contestado - UNC

E-mail: juliocesarc@unc.br

Aline Schuck Rech, Dra. em Engenharia Ambiental, Universidade do Contestado -UNC

E-mail: aline.schuck@unc.br

Resumo

O desenvolvimento sustentável tornou-se uma prática essencial nos diferentes tipos de edificações. As utilizações de telhas ecológicas surgiram como material alternativo às telhas convencionais, influenciada pela economia circular e vêm ganhando espaço no mercado brasileiro. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi identificar os principais materiais reaproveitados e que são utilizados para a fabricação das telhas ecológicas, bem como avaliar o desempenho dessas telhas quando comparadas às telhas convencionais. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica no banco de dados da Scopus, Scielo, Web of Science sites de buscas, bem como no portal acadêmico da CAPES. Os resultados mostraram que as telhas ecológicas, na maioria dos casos avaliadas, apresentaram melhores características mecânicas associadas com a absorção de água, desempenho térmico, carga de ruptura à flexão e impacto de corpo duro. O mercado das telhas ecológicas apresenta um amplo potencial para ser explorado no Brasil, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Material alternativo; Economia Circular; Revisão Bibliográfica.

Abstract

Sustainable development has become an essential practice in different types of buildings. The uses of ecological tiles emerged as an alternative material to conventional tiles, influenced by the circular

economy and have been gaining ground in the Brazilian market. In this sense, the aim of this study was to identify the main materials that are used for the manufacture of ecological tiles, as well as to evaluate the performance of these tiles when compared to conventional tiles. For this, a bibliographic search was carried out in the database of Scopus, Scielo, Web of Science, search engines, as well as in the academic portal of CAPES. The results showed that the ecological tiles, in most of the evaluated cases, presented better mechanical characteristics associated with water absorption, thermal performance, flexural breaking load and hard body impact. The market for ecological tiles has ample potential to be explored in Brazil, thus contributing to sustainable development.

Keywords: *Alternative material; Circular Economy; Literature review.*

1. Introdução

Nos dias atuais, o desenvolvimento sustentável tornou-se uma prática essencial nos diferentes tipos de edificações (AZEVEDO et al., 2020a). A busca por diminuir ou eliminar os impactos ambientais negativos está ocupando gradativamente, cada vez mais espaço na área da construção civil no mundo todo (SOUZA et al., 2020b). Especialmente no caso da construção civil, a aplicação de práticas sustentáveis que não promovam danos ambientais vem sendo aplicadas nos últimos anos (TESKE et al., 2015).

Nesse sentido, devido a necessidade de controlar e diminuir os impactos ambientais gerados pela construção civil vinculados com a geração de resíduos sólidos, o Conselho Nacional do Meio Ambiente estabeleceu em 2002, a resolução CONAMA 307/2002. Essa resolução estabelece critérios e responsabilidades quanto à destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos oriundos da construção civil, destinando ao responsável da obra a obrigação de gerenciar de forma adequada esses resíduos.

Consideram-se resíduos da construção civil não só os rejeitos do canteiro de obras, mas toda e qualquer perda envolvida com esse processo. Além disso, a geração de resíduos sólidos pode ocorrer durante a fase da concepção, e, da execução e finalização da obra (AGOPYAN; VANDERLEY 2011). Segundo Xavier e Rocha (2001), a população brasileira produz cerca de 0,66 até 2,43 Kg de resíduos sólidos por dia, oriundos somente da construção civil, e que estão atrelados aos mais variados tipos de materiais e composições. Além disso, outro fator agravante relacionado à geração de resíduos sólidos da construção civil, está atrelado a falta de tecnologias do setor de edificações para contribuir com a geração de resíduos sólidos (TESKE et al., 2015).

Diante desse cenário, tanto na literatura nacional quanto na internacional, diversas são as técnicas que vêm sendo desenvolvidas em ordem de realizar o aproveitamento de resíduos sólidos oriundos da construção civil (LESSA, 2009). Além da preocupação com o meio ambiente, na área da construção civil existe uma grande demanda de utilizar materiais que tenham potencial de melhorar o desempenho térmico nas edificações como um todo (NAGALLI ET AL., 2013).

A utilização de telhas ecológicas conhecidas internacionalmente como *ecological tiles* surgiram como material alternativo às telhas convencionais e vêm ganhando espaço no mercado brasileiro. Essas telhas são constituídas de diferentes matérias, inclusive de rejeitos da construção civil, e concomitantemente proporcionam a redução do consumo de energia com resfriamentos alternativos (OLIVEIRA et al., 2016; CURSINO et al., 2015).

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi, por meio de uma revisão bibliográfica, identificar os principais materiais que são utilizados para a fabricação das telhas ecológicas, bem como avaliar o desempenho dessas telhas quando comparadas às telhas convencionais.

Esta pesquisa justifica-se pelo fato, e a importância em conhecer os resíduos que são reaproveitados e incluídos na formação de telhas ecológicas e sendo um dos princípios de aproveitamento do material “inservível” de outras atividades da sociedade, conforme os princípios da economia circular.

2. Materiais e Métodos

2.1 Pesquisa exploratória

Essa pesquisa foi desenvolvida baseada em uma revisão bibliográfica desenvolvida com diferentes trabalhos acadêmicos vinculados a teses, dissertações, trabalhos finais de conclusão de curso, bem como artigos científicos publicados tanto em periódicos nacionais quanto internacionais. Na Figura 1 apresenta-se de forma simplificada os principais guias norteadores utilizados como base para o desenvolvimento da revisão bibliográfica.

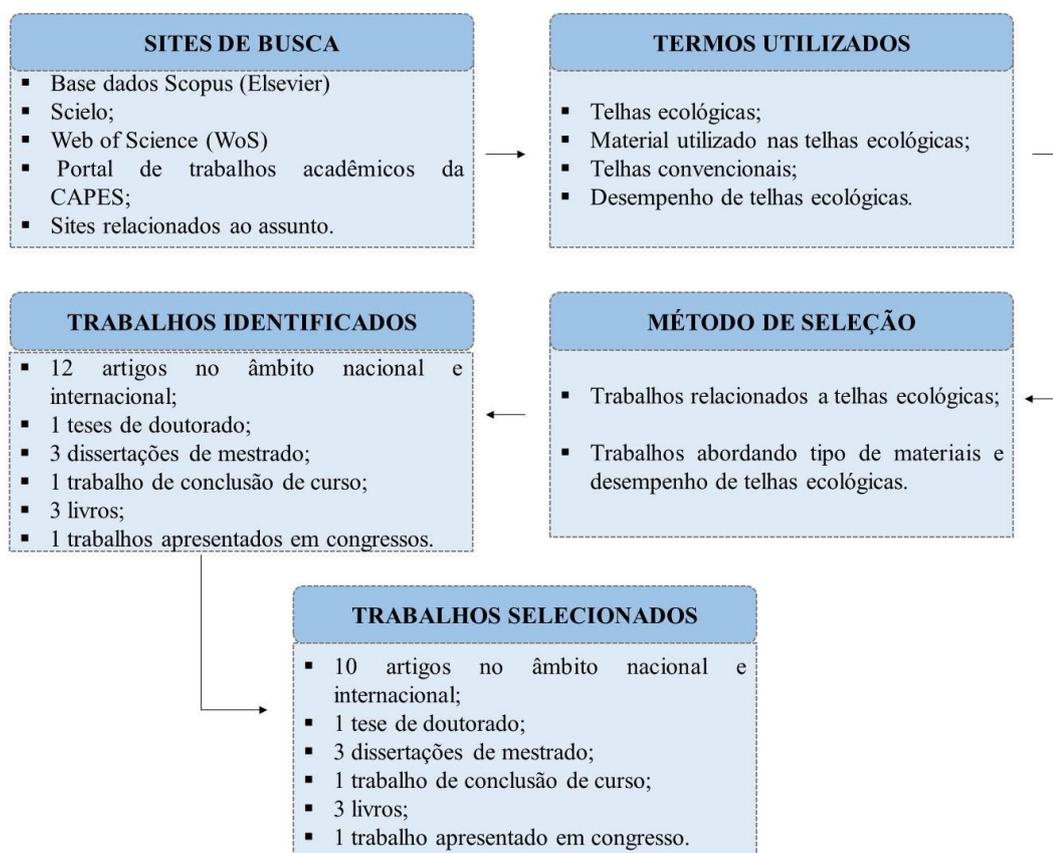


Figura 1 – Infográfico norteador do desenvolvimento da pesquisa bibliográfica. Fonte: Os autores (2021).

3. Resultados e Discussão

Primeiramente neste item é abordado em linhas gerais a definição de telhas ecológicas e as vantagens e desvantagens de utilização desse tipo de material em relação às telhas convencionais. Posteriormente, os tipos de telhas ecológicas utilizadas no mundo são mostrados, juntamente com o desempenho das mesmas quanto aos parâmetros relacionados com a resistência.

3.1 TELHAS ECOLÓGICAS

As telhas ecológicas são amplamente conhecidas pelo seu contexto da cadeia produtiva está inserida dentro do âmbito do desenvolvimento sustentável (PACHECO-TORGAL, 2008). Elas podem ser produzidas de diferentes tipos de matérias presentes nas mais variadas cadeias produtivas, inclusive rejeitos da construção civil.

No entanto, apesar dessa grande vantagem relacionada à sustentabilidade, a indústria brasileira produtora de telhas ecológicas está atualmente atrelada ao desafio diante do mercado consumidor, de provar que as telhas ecológicas possuem boa durabilidade, bom desempenho e vida útil suficiente para alavancar esse mercado (LESSA, 2009).

3.2 TIPOS DE TELHAS ECOLÓGICAS

Segundo a norma brasileira de desempenho de edificações, a NBR 15575/2015 (ABNT, 2015), não existe distinção de materiais bons ou ruins. Contudo, existem materiais com características próprias e adequadas para serem utilizados nas edificações.

Um produto ecológico é todo artigo que, artesanal, manufaturado ou industrializado de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola e industrial, seja não poluente, não tóxico, notadamente benéfico ao meio ambiente e à saúde, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável (ARAÚJO, 2008).

Nesse sentido, em ordem de praticar o desenvolvimento sustentável, o ciclo de vida dos diferentes produtos ganha vazão cada vez maior no mercado da construção civil (LESSA, 2009). Esse mesmo comportamento é identificado na escolha do material de constituição das telhas.

Atualmente, existem diferentes tipos de materiais utilizados para a confecção de telhas ecológicas. Dentre as telhas ecológicas mais utilizadas, encontram-se as telhas Tetra Pak, telhas de polietileno tereftalato (PET), telhas de GeoPET, e telhas vegetais (SCHELB, 2016). A seguir a funcionalidade de cada tipo de telha é apresentada. Na Tabela 1 apresenta-se um comparativo das vantagens e desvantagens das diferentes telhas ecológicas disponíveis no mercado.

Tipo de telha	Vantagens	Desvantagens
Tetra Pak	- São consideradas inquebráveis; - Podem ser 100% reaproveitadas; - Funcionam como isolante térmico.	- Necessidade de equipe qualificada para aplicação.
PET	- São indeformáveis e flexíveis; - Possuem diversas cores.	- O descarte inadequado das telhas de PET pode levar em torno de 450 anos para a sua decomposição.
GeoPET	- São leves de fácil montagem, possuem alta durabilidade e alto conforto térmico; - São leves de fácil manuseio;	- Necessidade de equipe qualificada para aplicação.
Vegetais	- Possuem potencial de absorção térmica e acústica; - Possuem elementos que minimizam a corrosão; - Possuem alta impermeabilidade e flexibilidade.	- Inclinação do telhado deve acompanhar as recomendações mínimas e máximas para cada formato de telha.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens das diferentes telhas ecológicas. Fonte: Os autores (2021).

3.2.1 Telhas ecológicas Tetra Pak

As telhas ecológicas Tetra Pak são fabricadas a partir de resíduos de caixas acartonadas, popularmente conhecidas como Tetra Pak, devido ao nome da empresa responsável pelo processo industrial (Figura 2). Essas embalagens são compostas por 20% de plástico, 75% de papel e 5% de alumínio (BEKHTA et al., 2016).

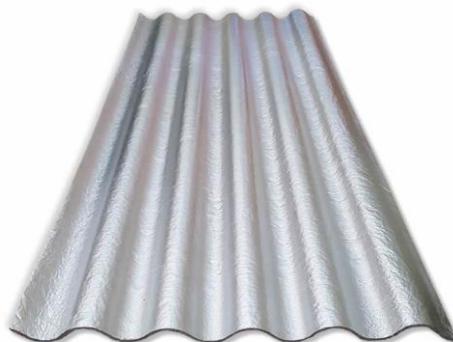


Figura 2 – Telha ecológica de embalagens tipo Tetra Pak. Fonte: Adaptado de Ecopex (2021).

As telhas Tetra Pak têm como matéria-prima o polietileno e o alumínio, retirados das embalagens cartonadas, a partir da reciclagem pós-consumo, e são fabricados por um processo que usa pressão e calor. Essas telhas são consideradas inquebráveis, podendo ser reaproveitadas após retiradas das reformas, pois mantêm suas condições originais de uso, além de não quebrem no transporte pela sua alta resistência (LESSA, 2009).

Um estudo comparativo realizado com telhas de Tetra Pak e fibrocimento mostrou que as telhas de fibrocimento chegam a alcançar a temperatura média de 65°C. Enquanto as telhas de Tetra Pak são 40% menos quentes, chegando a alcançar a temperatura média de 39°C, diminuindo a dispersão do calor para dentro do ambiente. Além disso, são cerca de 25% mais baratas, resistentes e duradouras em relação às telhas de fibrocimento (SCHELB, 2016).

3.2.2 Telhas ecológicas de PET

As telhas de PET são produzidas através de uma mistura de resinas poliméricas e carbonato de cálcio (Figura 3). Na sua fabricação, as garrafas são separadas de acordo com as cores e depois passam por uma máquina especial, onde há a separação do rótulo e do plástico. Ambos os materiais são reutilizados. Já limpas e secas, as garrafas PET são trituradas até amolecerem e ficarem pastosas. Após esse processo, são utilizadas para a formação das telhas (ALMEIDA et al., 2013).

Essas telhas apresentam uma grande vantagem pois materiais que possuem como matéria prima PET são indeformáveis e flexíveis e tem como uma de suas particularidades as suas diversas cores, as telhas podem ser fabricadas em tons mais claros ou mais escuros. No entanto, o descarte inadequado das telhas de PET pode levar em torno de 450 anos para a sua decomposição (TESKE et al., 2015).



Figura 3 – Telha ecológica de PED. Fonte: Passos e Oliveira (2016).

3.2.3 Telhas ecológicas de GeoPET

As telhas ecológicas de GeoPET são produzidas baseadas nos resíduos de gesso oriundos da construção civil (TESKE et al., 2015). Essas telhas são conhecidas por serem leves de fácil montagem, possuem alta durabilidade e alto conforto térmico quando comparado às telhas de fibrocimento. Uma outra vantagem da utilização dessas telhas pode-se considerar a atratividade do albedo que a telha possui, pois auxilia no conforto térmico dentro da edificação, tanto pelo albedo como pelos materiais isolantes que a compõem. Por outro lado, a utilização dessa telha exige um alto investimento, cerca de R\$ 720,00 por m², pois é necessário funcionário especializado nesse tipo de mão de obra (TESKE et al., 2015).

Recentemente um grupo de alunos desenvolveu telhas ecológicas de gesso com palhas de coqueiros (Figura 4). Essas telhas foram confeccionadas com água, cola, gesso, palha de coqueiro e pó de madeira. Medições de temperaturas ao longo do dia mostraram que a telha ecológica de gesso e palha de coco manteve a temperatura do ambiente 2°C mais baixa do que as telhas comuns. Além disso, essas telhas também foram aprovadas no teste de imersão na água por 24 horas (CICLOVIVO, 2021).



Figura 4 – Telha ecológica de gesso e palha de coco. Fonte: Ciclovivo (2021).

3.2.3 Telhas ecológicas de vegetais

As telhas ecológicas vegetais, também conhecidas como onduline, vêm conquistando espaço no mercado da construção civil por serem um produto com grande durabilidade e resistência (Figura 5). Essas telhas são produzidas de papéis recicláveis possuindo como matéria prima a celulose. O processo de fabricação está atrelado com a obtenção de papelão e papel liso e posteriormente as telhas passam por um processo em que são aquecidas, a fim de eliminar a água. Após esse processo a telha é cortada e mergulhada em uma solução de betume para certificar a qualidade da cor e resistência contra os raios UV (Ultravioleta). Por fim é impermeabilizada, podendo ser usada durante cerca de 30 anos (SCHELB, 2016).

Essas telhas apresentam grande vantagem em relação às demais pois são telhas mais leves de fácil manuseio, possuindo potencial de absorção térmica e acústica, minimizando o calor, sons e ruídos. Os materiais utilizados em telhas vegetais possuem elementos que minimizam a corrosão tornando assim uma telha anticorrosiva, além de obter uma alta impermeabilidade e flexibilidade (SCHELB, 2016).



Figura 5 – Telha ecológica vegetal. Fonte: Leves (2021).

3.3 DESEMPENHO DAS TELHAS ECOLÓGICAS

Até os dias atuais, apesar do amplo mercado de trabalho, poucos são os estudos conduzidos para avaliar o desempenho das diferentes telhas ecológicas quanto aos distintos parâmetros vinculados à resistência. Além disso, identificou-se que a grande maioria dos estudos conduzidos estão atreladas as telhas tipo Tetra Pack. Nesse sentido, destaca-se a importância das pesquisas desenvolvidas sobre esse tema. A seguir apresenta-se alguns estudos conduzidos no Brasil, em ordem de identificar a potencialidade das telhas ecológicas. Na Tabela 2 é apresentado uma síntese geral dos resultados de alguns estudos que avaliaram o desempenho das telhas ecológicas.

Tipo de telha	Vantagens	Autores
Tetra Pak	-Bom desempenho térmico;	Magalhães (2018)
	-Boas características mecânicas como a absorção de água, desempenho térmico, carga de ruptura à flexão e impacto de corpo duro,	Lima et al. (2021)
	-As telhas ecológicas precisaram de uma tensão de ruptura maior (14, 39 MPa) comparando com a de fibrocimento (5,6 MPa).	Araújo (2008)

Tabela 2 – Principais resultados identificados com as telhas ecológicas. Fonte: Os autores, (2021).

Magalhães, (2018) avaliou o desempenho térmico de telhas de fibrocimento e telhas ecológicas tipo Tetra Pack. Os resultados mostraram que a telha ecológica apresentou melhor desempenho térmico durante a maior parte do dia. Somente entre às 16 e 17 horas que as telhas ecológicas apresentaram menor desempenho que a telha de fibrocimento, não contribuindo para o conforto térmico dos usuários.

Em outro estudo, Lima et al. (2020) avaliaram o potencial de absorção de água, o potencial térmico e de flexão e impacto de corpo duro de telhas de fibrocimento e telhas ecológicas tipo Tetra Pack. Com base nos ensaios conclui-se que a telha ecológica possui melhores características mecânicas como a absorção de água, desempenho térmico, carga de ruptura à flexão e impacto de corpo duro, sendo uma alternativa para o mercado, uma vez que ainda possui maior leveza o que diminui os custos com as tesouras e caibros, proporcionando maior conforto térmico e segurança contra intempéries.

Araújo (2008) avaliou a resistência de telhas ecológicas (telhas Tetra Park) em relação às telhas convencionais, os resultados mostraram que as telhas ecológicas possuem maior área superficial. Além disso, foi identificado que as telhas ecológicas precisaram de uma tensão de ruptura maior (14,39 MPa) comparando com a de fibrocimento (5,6 MPa).

3.4 TELHAS CONVENCIONAIS *VERSUS* TELHAS ECOLÓGICAS

Atualmente as telhas convencionais são amplamente conhecidas e aplicadas no mundo todo (MARQUES, 2014). As mais utilizadas são as telhas de fibrocimento, cuja principal matéria prima é o amianto (MARQUES, 2014). Para que essas telhas de amianto estejam aptas para serem comercializadas, a norma técnica brasileira NBR 7581/12 (ABNT, 2012), determina requisitos que devem ser atendidos, associados principalmente à carga de ruptura a flexão, teor de absorção de água média e índice de permeabilidade.

Em linhas gerais, essas telhas são conhecidas por possuírem uma ampla gama de vantagens associadas com resistência à tração e a altas temperaturas, baixa condutividade térmica, resistência a microrganismos e a produtos químicos, elevada resistência dielétrica, e excelente isolamento elétrico (FAUSTINO, 2013). Além disso, alguns autores relatam também, que esse tipo de telha possuem uma grande vantagem, pois cobrem uma grande área quando comparada aos demais tipos de telhas utilizadas na área de construção civil (ARAUJO, 2008; LESSA, 2009).

Contudo, essas mesmas características citadas acima, são as principais responsáveis por seu poder cancerígeno (MARQUES, 2014). A exposição a fibras de amianto próximas a 5 µm de comprimento é considerada de grande risco com potencial patogênico respiratório definido, tanto para condições não malignas (placas pleurais e asbestose) como malignas (mesotelioma e câncer de pulmão) (IARC, 2012). Porém, estudos demonstram que as doenças vinculadas com a exposição ao amianto levam mais de 20 anos para se manifestar (TESKE et al., 2015). Além disso, já está bem elucidado na área médica que todas as doenças originadas do contato com amianto são progressivas e incuráveis (IARC, 2012).

Já em relação às telhas ecológicas, elas também apresentam vantagens e desvantagens. Além da grande importância das telhas ecológicas no âmbito do desenvolvimento sustentável, essas telhas são amplamente empregadas como isolamento acústico (ARAUJO et al., 2008). Estudos mostraram também, que as telhas ecológicas possuem características em não

propagar chamas, tendo uma alta resistência ao fogo (ALMEIDA et al., 2013). Além disso, essas telhas são conhecidas por possuírem boa adaptação quando comparadas às telhas de fibrocimento e são consideradas resistentes a granizos, sendo difíceis de ocorrerem deformações (GAGGINO et al., 2013).

No entanto, as telhas ecológicas apresentam algumas desvantagens associadas às patologias, devido a presença de umidade acarretando fungos e mofos, podendo gerar fissuras, trincas e mudança na coloração, como por exemplo a eflorescência (GAGGINO et al., 2013). Além disso, alguns autores recomendam também, que a instalação das telhas ecológicas seja realizada com mão de obra especializada (ALMEIDA et al., 2013). Na Tabela 3 apresenta-se uma síntese das vantagens e desvantagens da utilização de telhas convencionais e ecológicas. Além disso, na Figura 6 apresenta-se uma foto comparativa entre uma telha ecológica e convencional.

Tipo de telha	Vantagens	Desvantagens
*Convencional	-Alta resistência à tração; -Altas temperaturas; -Baixa condutividade térmica; -Resistência a microrganismos e a produtos químicos; -Elevada resistência dielétrica; -Excelente isolamento elétrico.	- Alto potencial cancerígeno; - Cadeia produtiva gera diversos impactos ambientais negativos.
Ecológicas	- Cadeia produtiva atrelada ao desenvolvimento sustentável; -Possuem potencial de isolamento acústico; -Possuem alta resistência ao fogo; -São resistentes a granizos e a deformações.	- Patologias associadas ao desenvolvimento de fungos e microrganismos; - Podem desenvolver fissuras, trincas e perder a coloração; - Necessidade de mão de obra especializada.

*Nota: Considerado telhas de fibrocimento.

Tabela 3 – Vantagens e desvantagens das telhas convencionais e ecológicas. Fonte: Os autores (2021).

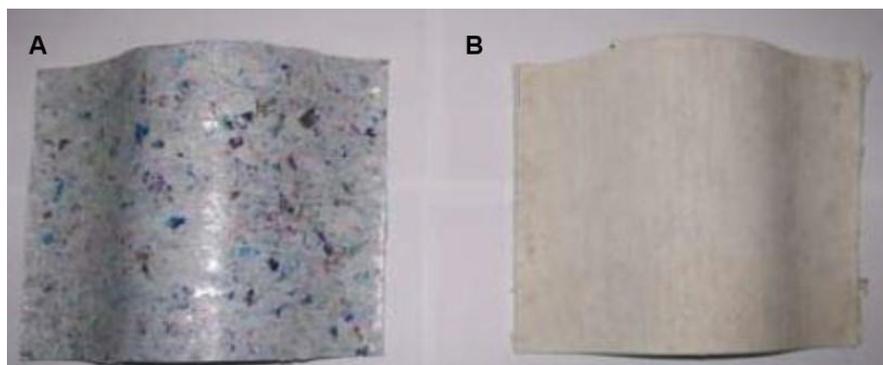


Figura 6 – Diferentes tipos de telhas. A) telha ecológica; B) telha de fibrocimento. Fonte: Adaptado de Araújo (2018).

4. Conclusões

Baseado em uma revisão bibliográfica desenvolvida sobre telhas ecológicas suas tipologias, vantagens e desvantagens, destaca-se, poucos são os estudos desenvolvidos no Brasil que mostram avaliar o desempenho das telhas ecológicas, para os aspectos relatados nesta pesquisa. Entre elas, as telhas tipo Treta Pack são as mais pesquisadas no Brasil. Quanto à aplicação das telhas ecológicas no Brasil estão ainda atreladas com o desafio de demonstrar o desempenho delas nas edificações. Quanto aos principais materiais utilizados para o

desenvolvimento de telhas ecológicas são embalagens cartonadas, resíduos de gesso, fibras vegetais e papel reciclado.

As telhas ecológicas, na maioria dos casos avaliados, apresentaram melhores características mecânicas como a absorção de água, desempenho térmico, carga de ruptura à flexão e impacto de corpo duro, sendo uma alternativa para o mercado, uma vez que ainda possui maior leveza, o que diminui os custos com as tesouras e caibros, proporcionando maior conforto térmico e segurança contra intempéries. O mercado das telhas ecológicas apresenta um amplo potencial para ser explorado, tanto em termos de aplicação como de pesquisa, para ser difundido no Brasil, e assim contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 15575: Desempenho de edificações habitacionais. 1 ed. Rio de Janeiro, 2015. 56 p.

AGOPYAN, Vahan; VANDERLEY, Moacyr, John. O desafio da sustentabilidade na construção civil. São Paulo: S/N, 2011.

ALMEIDA, Igor Santos de; COSTA, Ismael Marrathman Dias; RIBEIRO, Michelle Morgane de Oliveira; HEINRICH, Marianne; MOREIRA, Quele;

ARAÚJO, Paulo Jardel Pereira; LEITE, Manuela Souza. Reciclagem de garrafas PET para fabricação de telhas. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe, v. 17, n. 1, p. 83-90, 2013.

ARAÚJO, Daniel Cláudio; MORAIS, Crislene Rodrigues da Silva; ALTIDES, Marina Elizabeth Dias. Avaliação mecânica e físico-química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 125-136, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7.581 Telha ondulada de fibrocimento. Brasil, 2012.

AZEVEDO, A.R.G.; VIEIRA, C.M.F.; FERREIRA, W.M.; FARIA, K.C.P.; PEDROTI, L.G.; MENDES, B.C. Potential use of ceramic waste as precursor in the geopolymerization reaction for the production of ceramic roof tiles. Journal of Building Engineering, [S.L.], v. 29, p. 101156, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.101156>.

AZEVEDO, Afonso R. G.; MARVILA, Markssuel Teixeira; ROCHA, Higor Azevêdo; CRUZ, Lucas Reis; VIEIRA, Carlos Mauricio Fontes. Use of glass polishing waste in the development of ecological ceramic roof tiles by the geopolymerization process. International Journal of Applied Ceramic Technology, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 2649-2658, 16 jul. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ijac.13585>.

BEKHTA, Pavlo; LYUTYY, Pavlo; HIZIROGLU, Salim; ORTYNSKA, Galyna. Properties of Composite Panels Made from Tetra-Pak and Polyethylene Waste Material. Journal of Polymers and The Environment, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 159-165, 12 mar. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10924-016-0758-7>.

CICLOVIVO, Redação. Alunos de escola pública criam telhas com gesso e palha de coqueiro. 2021. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/arq-urb/design/alunos-telhas-gesso-e-palha-de-coqueiro/?amp=1>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Conama 307/2002. 1. ed. Brasília, 06 jul. 2021. p. 1-3.

CURSINO, A.; NUNOMURO, E.; TRÓI, M. DE. Eficiência energética: guia para etiquetagem de edifícios. 1o edição ed. Brasília: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, 2015.

ECOPEX. Telha ecológica tetra pak. 2021. Disponível em: <https://ecopex.com.br/telha-ecologica/>. Acesso em: 14 nov. 2021.

FAUSTINO, Fabio. Os prós e contras do uso do amianto no Brasil. 2012. Disponível em: <http://rmai.com.br/v4/Read/1139/os-pros-e-contras-do-uso-do-amianto-no-brasil.aspx> Acesso em: 17 nov. 2021.

GAGGINO, Rosana; POSITIERI, María Josefina; IRICO, Patricia; KREIKER, Jerónimo; ARGUELLO, Ricardo; SÁNCHEZ, María Paz Amono. Ecological Roofing Tiles Made with Rubber and Plastic Wastes. *Advanced Materials Research*, [S.L.], v. 844, p. 458-461, nov. 2013. Trans Tech Publications, Ltda. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.844.458>.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC. Arsenic, metals, fibres and dusts: review of human carcinogens. Lyon, Franca. 2012.

LESSA, Mara Livia Santos. Critérios de sustentabilidade para elementos construtivos – um estudo sobre telhas “ecológicas” empregadas na construção civil. 2009. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Escola Politécnica, Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2009.

LEVES, Equipe Coberturas. 5 mitos sobre telha ecológica de fibra vegetal que você deve esquecer. 2021. Disponível em: <https://www.coberturasleves.com.br/5-mitos-sobre-telha-ecologica-de-fibra-vegetal-que-voce-deve-esquecer/>. Acesso em: 15 nov. 2021.

LIMA, Michel Lucas de; CARVALHO, Silvioney; FARINHA, Marcel Cassandri Romero; OLIVEIRA, Marcel Ricardo Nogueira de; AYOUB, Julianno Pizzano. Construção Sustentável: análise comparativa entre telha ecológica e telha de fibrocimento onduladas de 6mm. São Luiz: Pascal, 2020. 72 p.

MAGALHÃES, Rhayck Jordan. Desempenho térmico de telhas: um estudo comparativo entre telhas ecológicas e telhas de fibrocimento. 2018. 53 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2018.

MARQUES, Vinícius Martins. Avaliação de aspectos e impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de telhas de fibrocimento com e sem amianto. 2014. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.

NAGALLI, Amaly. The Sustainability of Brazilian Construction and Demolition Waste Management System. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 1755-1759.

OLIVEIRA, P. L.; SOARES, R. G.; SANTOS, S. X. Desempenho térmico das edificações: estudo comparativo entre o telhado verde e outros tipos de coberturas. *Revista Petra*, [S.L.], v. 2, p. 55, 2016.

PACHECO-TORGAL, Fernando; CASTRO-GOMES, João; JALALI, Said. Alkali-activated binders: a review. part 2. about materials and binders manufacture. *Construction and Building Materials*, [S.L.], v. 22, n. 7, p. 1315-1322, jul. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.03.019>.

PASSOS, Danielle Vieira; OLIVEIRA, Paulo Cesar Lemes de. Telhas Pet. 2016. Disponível em: <http://sindiconstru-cg.sicomercio.org.br/noticias/telhas-pet>. Acesso em: 15 nov. 2021.

SCHELB, Cristina Galvão. Avaliação de tipologias construtivas nos critérios de sustentabilidade Estudo de casos –Telhas. 2016. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

TESKE, S.; GONÇALVES, P. F. A.; NAGALLI, A. Desenvolvimento de modelo conceitual de telha ecológica a partir de resíduos de PET e gesso da construção. *Cerâmica*, [S.L.], v. 61, n. 358, p. 190-198, jun. 2015. *Fap UNIFESP (SciELO)*. <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581852>.

XAVIER, L.L.; ROCHA, J. C. Diagnóstico do resíduo da construção civil – Início do caminho para o uso potencial do entulho. In: *IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na construção civil - materiais reciclados e suas aplicações*. CT206 - IBRACON. São Paulo - SP. 2001.