Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

DETERMINAÇÃO DO MATERIAL ISOLANTE IDEAL ENTRE A MANTA DE LÃ DE VIDRO E LÃ DE ROCHA PARA APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DE BIOENERGIA

DETERMINATION OF THE IDEAL INSULATING MATERIAL BETWEEN GLASS WOOL BLANKET AND ROCK WOOL BLANKET FOR APPLICATIONS IN THE BIOENERGY INDUSTRY

Diego Gouveia da Silva[I]
Antonio Carlos Muniz Ventura Junior[II]

Área: Engenharia Mecânica

RESUMO

Já há alguns anos, em vários setores industriais no Brasil e no mundo o uso de caldeiras está presente. Sua função é queimar diversos tipos de combustíveis para transformar a água em vapor para que esse fluído seja usado para diversos fins. A caldeira gera o vapor e distribuem em linhas de tubulações. Essas linhas de distribuição necessitam de isolação térmica para que a temperatura externa não influencie na temperatura do fluído. Os materiais mais usados para a isolação térmica dessas linhas e vapor são a lã de vidro e lã de rocha. Os dois materiais aplicados em isolamento nas caldeiras são pelas características de condutibilidade térmica, resistência a incêndio, durabilidade, disponibilidade e/ou escassez na natureza. Assim, concluiu-se que o uso da lã de rocha no processo de isolamento térmico em linhas de tubulações de distribuição de vapor em caldeiras, possui mais benefícios que contribuem para a diminuição de gastos com manutenções e aumenta a segurança dos processos industriais.

Palavras-chave: Lã de Rocha. Lã de Vidro. Isolamento Térmico. Condutividade de Calor.

ABSTRACT

For some years now, in several industrial sectors in Brazil and in the world the use of boilers is present. Its function is to burn different types of fuels to transform water into steam so that this fluid can be used for different purposes. The boiler generates the steam and distributes it in pipelines. These distribution lines need thermal insulation so that the external temperature does not influence the temperature of the fluid. The most used materials for the thermal insulation of these lines and steam are glass wool and rock wool. The two materials were analyzed for their characteristics of thermal conductivity, fire resistance, durability, availability and/or scarcity in nature and price. Thus, it was concluded that the use of rock wool in the thermal insulation process in steam distribution pipelines in boilers has more benefits that contribute to the reduction of expenses manutention and increases the safety of industrial processes.

Keywords: Rock Wool. Glass Wool. Thermal Insulation. Heat Conductivity.

[I] Estudante do curso superior em Tecnologia Mecânica: processos de soldagem da Faculdade de Tecnologia Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) -São Paulo- Brasil. Email: diego.silva301@fatec.sp.gov.br
[II] Prof. Ms. da Faculdade de Tecnologia Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) -São Paulo-Brasil. Email: antonio.ventura@fatec.so,gov,br.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Data de submissão do artigo: 05/11/2022.
Data de aprovação do artigo: 16/12/2022.
DOI: **10.52138/citec.v14i1.262**

1 INTRODUÇÃO

O isolamento térmico é uma ação que evita que o meio interno perda ou ganhe temperatura, sobre influência no meio externo. Na indústria de bioenergia, o isolamento térmico é de extrema importância, pois evita a perda energética e de eficiência no processo.

Na indústria de bioenergia, predominantemente há caldeiras, cuja sua função é queimar combustível (biomassa e combustíveis) para produzir vapor. Após o vapor ser produzido, ele percorre por tubulações de distribuição para seus respectivos destinos. O isolamento térmico nesse percurso é de extrema importância, já que é desejável que o fluído tenha mínimas variações de temperaturas até o seu destino.

Como isolamento térmico é de grande importância e não é recomendável manter o funcionamento sem ele, pode ser adotado ações para que seja escolhido o melhor tipo de manta, para que os intervalos de manutenções sejam maiores e assim, diminuindo os custos de manutenções e perdas de eficiência no processo.

Esse artigo o apresenta os resultados de uma pesquisa que foi feita para determinar o melhor tipo de manta (lã de rocha e lã de vidro) usados para a isolação térmica em tubulações de linhas de distribuição de vapor em caldeiras, no setor bioenergético.

Nesse contexto, o objetivo da pesquisa é o estudo das características de condutibilidade térmica, durabilidade, escassez, e com essas informações, comparar estes quesitos para no final, determinar a melhor opção a ser usada no isolamento térmico.

O tema foi escolhido considerando-se a necessidade de aumentar a vida-útil do isolamento térmico e diminuir a sua manutenção, com o aumento de intervalo nas intervenções na estrutura isolante.

O tema-problema dessa pesquisa é qual a melhor escolha de tipo de manta (lã de rocha e lã de vidro) para diminuir os custos de manutenções em isolamento térmico em linhas de distribuição de vapor?

A hipótese dessa pesquisa é a de que é possível prolongar o intervalo de manutenções em tubulações de linha de distribuição de vapor e consequentemente diminuir as perdas térmicas, desde quando a escolha do tipo de material seja correta para realizar o isolamento térmico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção faremos uma breve revisão de conceitos sobre o equipamento e o material de estudo.

2.1 Caldeira

Com o crescente uso de caldeiras para diversos fins no setor industrial, algumas medidas são primordiais para seu funcionamento, como a manutenção e isolamento térmico de suas linhas de tubulações de distribuição de vapor. A caldeira é um equipamento altamente eficiente, que possui como princípio básico o aquecimento da água líquida que se

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

transforma em gasosa por meio da troca térmica entre um combustível e a água (LOURENÇO, 2019).

A falta de manutenção ou falta de preparo do funcionário, para o uso desse equipamento, pode gerar falhas mecânicas ou humanas que, consequentemente, podem acarretar acidentes de trabalho irreparáveis ao responsável direto e/ou demais funcionários da empresa, bem como consideráveis prejuízos financeiros ao estabelecimento (LOURENÇO, 2019). As Figuras 1 e 2 ilustram a caldeira e linhas de distribuição de vapor, respectivamente.

Figura 1 – Caldeira



Fonte: HPB (2022, p. 3)

Figura 2 - Linha de distribuição de vapor



Fonte: BIOSERV (2022, p. 3)

2.2 Materiais de isolamento

Para o isolamento térmico de caldeiras e tubulações da indústria bioenergética é utilizada uma vasta gama de características e tipos de mantas, com diferentes matérias primas, espessuras e densidades variadas. Atualmente na grande maioria dos fabricantes e comerciantes de mantas para isolamento térmico, se encontram mantas com densidade de 10kg/m^3 até as que superam os 90kg/m^3 e espessuras de 10mm até 100mm. Neste item é abordado as principais características destes isolantes térmicos aplicados em tubulações de caldeiras.

2.2.1 Lã de Vidro

A lã de vidro é um material produzido de fibras de vidro. A fabricação de lã de vidro é formada a partir do vidro fundido. O processo constitui em carregar o alto forno com sucatas de vidro e outros ingredientes silicosos. Os componentes da mistura são vistoriados, selecionados e sofrem aquecimento à 1.100ºC, temperatura á que se torna fundido. Já em estado líquido, um fio de vidro cai sobre um disco refratário e sob consequência da força centrífuga repete-se em muitas fibras com diâmetro médio de 2 microns. A sílica (dióxido de silício (SiO2)) é o mineral dióxido de silício que está presente nas rochas, areias, quartzo, quartzito e em outros materiais. É muito usado pela sua capacidade de isolamento térmico (VAMAPAL, 2022). A Figura 3 ilustra a lã de vidro.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Figura 3 - Lã de vidro



Fonte: Doce Obra (2002, p.4)

2.2.2 Lã de rocha

A lã de rocha também é um material muito usado na isolação térmica. A lã de rocha é um dos únicos produtos que economiza mais de cem vezes a energia empregada em sua produção. Ao longo do seu ciclo de vida, por ser mineral e inorgânica, não se deteriora, garantindo seu desempenho e economia de energia indefinidamente. Ela é feita a partir da rocha basáltica vulcânica e outros minerais fundidos a alta temperatura (1500°C) para serem transformados em fibras por centrifugação. O basalto é constituído basicamente por minerais de silício, alumínio e ferro, na forma de piroxênios (augita), plagioclásios (labradorita) e magnetita. A composição química aproximada do basalto é de 43 a 47% de SiO_2, 11 a 13% de $Al2O_3$, 10 a 12% de CaO e 8 a 10% de MgO, além de outros óxidos que estão presentes em percentagens inferiores a 5% (SCHIAVONI; REDONDO; YOSHIDA, 2007). A Figura 4 abaixo ilustra a lã de rocha.

Figura 4 - Lã de rocha



Fonte: Doce Obra (2002, p.4)

2.3 Condutividade térmica

Como o nome diz, a condutividade térmica de qualquer material físico é a medida de seu potencial para conduzir calor. Em outras palavras, essa propriedade pode ser descrita como uma medida da taxa de fluxo de calor através de uma determinada espessura do metal

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

ou outro material. Portanto, materiais de baixa condutividade térmica transferem calor a uma taxa menor do que os de alta condutividade (CALLISTER, 2015).

A condutividade térmica é entendida como a transferência de energia térmica de objeto para objeto até o momento de equilíbrio térmico, ou seja, equalização de temperatura. Na forma numérica, o fenômeno é expresso por meio do coeficiente de condutividade térmica. O indicador expressa claramente a passagem da quantidade de calor por um determinado tempo através de uma unidade de superfície. Quanto maior o valor, mais rápido a energia térmica se dissipa (RAMIRES; PESSOA, 2005).

A fórmula da condutividade térmica busca descobrir a quantidade de calor (Q) transferida em um tempo (t). Para calcular, é necessário levar em conta os 4 fatores que interferem na taxa em que o calor é conduzido por um material:

k: constante de condutividade térmica para o material;

A: área transversal do material que conduz calor;

ΔT: diferença de temperatura entre um lado e outro do material;

d: espessura do material.

A condutividade térmica é uma propriedade das substâncias, ela representa a facilidade de um meio material de conduzir o calor. Para definir quantitativamente a condutividade térmica de um meio podemos usar umas das equações fundamentais da transferência do calor bem descrita por Jean B. J. Fourier. A fórmula de cálculo para a condutividade térmica, aplica-se a Equação 1 abaixo.

$$Q \div t = k.A.\Delta T \div d \qquad (1)$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), sua unidade de medida é watt por metro-Kelvin (W/m·K) (SPECIAL METALS, 2017).

Os materiais com condutividade térmica maior irão transferir maiores quantidades de calor por unidade de tempo - tais materiais, como cobre, são bons condutores térmicos. Ao contrário, materiais com pequenas condutividades térmicas irão transferir pequenas quantidades de calor por unidade de tempo - estes materiais, como o Teflon®, são condutores térmicos pobres (RAMIRES; PESSOA, 2005).

A condutividade térmica depende da densidade e espessura do material isolante, por isso é importante levar isso em consideração na hora da compra. Densidade é a massa por metro cúbico de materiais classificados como muito leves, leves, médios e densos por este critério. Produtos porosos leves são usados para cobrir paredes internas, divisórias de suporte de carga, densas - para trabalhos externos (RAMIRES; PESSOA, 2005).

Os fabricantes não indicam estabilidade dimensional na embalagem, mas pode se concentrar nas taxas de Poisson e de atrito, flexão e resistência à compressão. A estabilidade da forma é avaliada pelo vinco ou mudança nos parâmetros da camada de isolamento térmico. Em caso de deformação, existe o risco de 40% de vazamento de calor por fissuras e pontes frias (FERNANDES, 2017).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O método utilizado de pesquisa foi o indutivo, sendo que a pesquisa partiu de dados particulares, constatados suficientemente e foi inferido uma verdade geral, onde não foi encontrada nas partes examinadas.

A metodologia foi com base em estudo e por pesquisas sobre os materiais apresentados (lã de vidro e lã de rocha). As características pesquisadas sobre os materiais

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

citados anteriormente foram sobre as propriedades térmicas e de condutividades de calor, suas resistências a incêndio, suas disponibilidades no meio ambiente e a dificuldade de se produzir os materiais. Com base nisso, estipular a melhor tipo de manta, segundo as características principais entre os dois materiais isolantes térmicos.

O delineamento da pesquisa fica definido como experimental, as variáveis e métodos definidos pelo pesquisador a fim de se obter de forma quantitativa as informações pertinentes ao estudo proposto.

3.1 Condutividade térmica

A condutividade térmica é um dos parâmetros para a comparação entre os materiais em estudo. A condutividade térmica é uma propriedade de transporte específica de cada material que indica a taxa em que a energia é transferida por meio do processo de difusão. Também pode ser intendida como a taxa de transferência e calor por meio da espessura do material pela unidade de área e diferença de temperatura (INCROPERA, 2008).

A condutividade submete-se à estrutura física da matéria, atômica e molecular, e as estruturas interligadas à disposição da matéria (KAPUNO; RATHORE, 2011).

A Tabela 1 abaixo mostra a relação de condutividade térmica dos elementos de estudo dessa pesquisa, em condição seca, já que normalmente a manta é protegida por algum metal por cima.

Tabela 1- Condutibilidade térmica dos elementos em estudo

Grupo	Material	Massa específica (Kg/m^3)	Condutividade térmica a seco (W/mK)
Inorgânico	**Lã de vidro**	**150**	**0,04**
	Lã de rocha	**35-200**	**0,04**

Fonte: adaptado Protolab (2022, p. 5)

A tabela mostra que ambos os materiais em condições iguais e naturais(secos), apresentam o mesmo coeficiente de condutividade térmica (0.04W/mK).

3.2 Resistência a incêndio

Os dois materiais em pesquisa foram submetidos ao teste de incêndio, onde os dois foram colocados em contato com o fogo propositalmente, por um isqueiro, com duração de contato por volta de 10 segundos contínuos em cada manta a uma distância de 15mm entre o isqueiro e os materiais em teste.

3.2.1 Teste na lã de vidro

A lã de vidro foi submetida ao fogo propositalmente para teste de combustão, conforme mostrado na Figura 5.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Figura 5 - Teste de combustão da lã de vidro



Fonte: os autores (2022)

Apesar de ser um material incombustível, a lã de Vidro possui menor resistência ao fogo, necessitando da combinação com outros materiais como por exemplo a própria lã de rocha. Diante dessas circunstâncias fazem a lã vidro ter uma durabilidade menor que a da rocha.

3.2.2 Teste na lã de rocha

A Figura 6 mostra a lã de rocha submetida ao fogo propositalmente para o teste de combustão.

Figura 6 - Teste de combustão da lã de rocha



Fonte: os autores (2022)

A lã de rocha não é combustível. Quando em contato com a chama, não queima e nem emite fumaça. Pode ser usada em contato com todo tipo de material, ampliando sua capacidade de adequar-se a todo tipo de uso.

Comprando os resultados dos testes, os dois materiais possuem propriedades que não deixam o fogo se manter sobre eles (incombustíveis). Porém a lã de rocha se destacou na comparação, oferecendo maior segurança. Outra característica que faz a lã de rocha ter vantagem sobre o a lã de vidro é que ela não necessita de acrescentar outros tipos de materiais para melhorar ou potencializar a sua propriedade de resistência a combustão.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A durabilidade dos isolantes térmicos está relacionada a função tempo/temperatura em operação.

4.1 Lã de vidro

A lã de vidro possui ótima durabilidade, porém ao passar do tempo o material começa a sofrer reações químicas, como a oxidação e consequentemente a corrosão, alterando sua condutividade térmica (RAMIRES; PESSOA, 2005).

Segundo a fabricante Isover, o tempo de durabilidade da lã de vidro é por volta de 50 anos, em condições ideais, como em ambiente seco. Porém quando instalada no setor bioenergético, não consegue durar o tempo estipulado pelo fabricante, por conta de situações adversas como o revestimento metálico que a protege de chuvas vai se desgastando e desmontando, e ao passar do tempo possibilitando entrada de água e exposição ao ambiente externo.

4.2 Lã de rocha

A lã de rocha possui sua composição química inerte (não reagem quimicamente) e por isso tem capacidade de inibir o fenômeno da corrosão, assim aumentando sua durabilidade e a durabilidade do processo de isolamento térmico feito com o material.

Analisando as características dos dois materiais, apresenta que os dois materiais possuem boa durabilidade, apesar da lã de rocha oferecer maior capacidade de conservação após operação. Por ser um material inerte (não reage quimicamente), evita a oxidação e corrosão do material, contribuindo para que as propriedades térmicas desse material se mantenham por mais tempo (FERNANDES, 2017).

Segundo a fabricante *Rockwool*, a lã de rocha dura em média 50 anos em condições ideais, como em ambiente seco.

Diferente da lã de vidro, mesmo que a manta entre em contato com a água, por conta das propriedades e características citadas acima, ainda consegue manter a durabilidade e eficiência.

4.3 Disponibilidade dos produtos e matérias primas

A disponibilidade dos materiais atualmente é ampla, sendo de rápido acesso com os fornecedores e vendedores dos materiais, dependendo do volume da compra, conseguem fornecedor 100% do pedido em até 1 semana. Nessa parte da pesquisa o intuito é verificar qual material tem maior disponibilidade no mercado e matérias primas mais abundante no ambiente.

4.3.1 Lã de vidro

A fabricação de lã de vidro é obtida a partir do vidro fundido. O processo constitui em carregar o alto forno com sucatas de vidro e outros ingredientes silicosos. Os componentes da mistura são inspecionados, selecionados e aquecidos à 1.100ºC, temperatura á que se torna fundido (VAMAPAL, 2022). A sílica é o mineral dióxido de silício que se encontra nas areias, quartzito, quartzo, rochas e em outros materiais. O vidro é composto por alumina,

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

areia, calcário e carbonato de sódio (RECICLOTECA, 2022). Os ingredientes/matéria prima da lã de vidro são de fácil acesso, por possuir boa quantidade de disponibilidade no ambiente.

4.3.2 Lã de rocha

A lã de rocha é composta basicamente por rocha. A matéria-prima é a rocha vulcânica chamada de diábase. O processo de fabricação se resume a produção de fibras que são superaquecidos para transformar-se em filamentos que, aglomerados a soluções de resinas, resultam em produtos que podem ser leves e flexíveis ou até muito rígidos, dependendo do grau de compactação (ISOPUR, 2022).

Diábase é geralmente encontrado em corpos intrusivos relativamente rasos menores, como diques e peitoris. Os diques de diabásio ocorrem em regiões de extensão crustal e frequentemente ocorrem em enxames de diques de centenas de diques ou soleiras que irradiam de um único centro vulcânico. (GEOCIÊNCIAS, 2022).

Após uma comparação teórica dos materiais, é necessário levar em consideração a sua divisão em isolantes térmicos e grupos estruturais. As matérias-primas estruturais apresentam os mais elevados índices de transferência de calor, pelo que são adequadas para a construção de vedações ou paredes (RAMIRES; PESSOA, 2005).

Analisando a matéria prima da lã de rocha, mostrou-se mais disponível no meio ambiente, necessitando de menos procedimentos de operações para sua produção.

Referindo-se à tabela de condutividade térmica (Protolab, 2022, p. 5), sendo ambas com densidade de 32kg/m^3, pode-se determinar que a condutividade térmica é semelhante, não havendo grandes discrepâncias. Com relação ao custo, a manta de rocha é cotada no mercado por R$ 130,00 por metro. A lã de vidro é encontrada por R$ 95,00 por metro. As dimensões fornecidas pelos fabricantes são placas padrão de 1200x600x51mm.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo apresentou os resultados das principais comparações entre dois dos principais materiais usados no processo de isolamento térmico em linhas de distribuição de vapor de caldeiras, em função da condutividade térmica, durabilidade, escassez/disponibilidade no ambiente.

Após as comparações, conclui-se que que o uso da lã de rocha oferece mais vantagem em relação a lã de vidro. Algumas vantagens são a maior durabilidade, consequentemente maior intervalo entre manutenções nas tubulações de linhas de vapor e maior segurança, por ser incombustível a evitando incêndios. Na comparação entre condutividade térmica, não houve discrepância entre ambos.

Assim, diante todas as comparações, ao escolher a manta feita de material proveniente de lã de rocha, ganha-se maior tempo de intervalo entre as reformas e consequentemente, diminui-se os gastos com a atividade de isolamento térmico em tubulações e em outros equipamentos.

REFERÊNCIAS

BIOSEV. **NovaCana Jornal**. 5. ed., 05/2022. Disponível em: https://www.biosev.com/noticia/biosev-inaugura-usina-termeletrica-movida-a-bagaco-de-cana-de-acucar/. Acesso em: 04 maio 2022.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

CALLISTER, W. D. 2015. **Ciência e Engenharia de Materiais**: Uma Introdução. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

DOCE OBRA. **Casa em construção**. Disponível em: https://casaeconstrucao.org/materiais/la-de-rocha/. Acesso em: 01 maio 2022.

_____ **Casa em construção**. Disponível em: https://casaeconstrucao.org/materiais/la-de-vidro/. Acesso em: 01 de maio de 2022.

FERNANDES, D. *et al*.. **Eficiência Acústica: lã de vidro e de lã de rocha como isolantes para o sistema DRYWALL**. 2018. 85 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Unidade Central de Educação Faem Faculdade (UCEFF), 2017.

GEOCIÊNCIAS. **Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo** (IGc-USP). Disponível em: https://didatico.igc.usp.br/rochas/igneas/diabasio/ Acesso em: 01 maio 2022.
HPB. **Hpb Sistemas de Energia**. Disponível em: https://www.hpb.com.br/casos/. Acesso em: 04 maio 2022.

INCROPERA, F. P. *et al*. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

ISOPUR. **Isopur Isolantes Térmicos e Acústicos**. Disponível em: https://www.isopur.com.br/ Acesso em: 10 set. 2022.

ISOVER**. Isover Saint Global**. Disponível em: https://www.isover.com.br/noticias/durabilidade-prova-do-tempo. Acesso em: 25 nov. 2022.

KAPUNO, R. R. A.; RATHORE, M. M. **Engineering heat transfer**. 2nd. ed. Massachusetts: Jones & Bartlett Learning, 2011.

LOURENÇO, F.de L.. **In Análise das condições de segurança em operações com caldeiras à vapor**. 2019. 79 p. Monografia. (Graduação em Engenharia Mecânica) - Centro universitário do Sul de Minas, Varginha, 2019.

PORTAL DA ACÚSTICA. **Preço manta de lã de rocha**.
Disponível em: https://www.portaldaacustica.com.br/. Acesso em: 25 nov. 2022.

PORTAL DA ACÚSTICA. **Preço da manta de lã de vidro**.
Disponível em: https://www.portaldaacustica.com.br/. Acesso em: 25 nov. 2022.

PROTOLAB. **Protolab-Laboratório de Propriedades Termofísicas.** Disponível em:http://www.protolab.com.br/Tabela-Condutividade-Material-Construcao.htm/. Acesso em: 25 de abril de 2022.

RAMIRES, H. J. G.; PESSOA, V. S. **Análise Experimental da Condutividade Térmica de Metais e efeitos da Resistência Térmica de Contato**. 2005. 59f. Projeto de Graduação. Universidade Federal do Espírito Santo- Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Mecânica. Vitória (ES). 2005. Disponível em:

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

https://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/hilario_e_victor.pdf. Acesso em: 11 out. 2022.

RECICLOTECA. **Recicloteca**: Centro de Informações sobre Reciclagem e Meio Ambiente. ONG Ecomarapendi. Disponível em: http://www.recicloteca.org.br/. Acesso em: 31 out. 2022.

ROCKWOOL. **Durabilidade da lã de rocha**. Disponível em: https://www.isover.com.br/noticias/durabilidade-prova-do-tempo. Acesso: 25 nov. 2022.

SCHIAVONI, M. A.; REDONDO, S.U.A.; YOSHIDA**,** I.V.P. **Caracterização térmica e morfológica de fibras contínuas de basalto**. 2007. Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal de S. João Del Rei - UFSJ, Campus Dom Bosco, S. J. Del Rei, MG; Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, C.P. 6154, Campinas (SP). Cerâmica; v. 53, n. 326, p. 212-217, 2007-06-00.2007. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0366-69132007000200017. Acesso em: 2 out. 2022.

SPECIALMETALS. **Inconnel Alloy 625**. 2017. Disponível em: http://www.specialmetals.com. Acesso em: 8 out. 2022.

VAMAPAL. **Vamapal Indústria e Comércio de Lã de Vidro Ltda**. Disponível em: www.vamapal.com.br/la-de-vidro. Acesso em: 20 ago. 2022.