



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica

GUILHERME SASSON GOLDBERG

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA *MUSCOVITA* NA TRANSMISSÃO
DE CALOR DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CORNÉLIO PROCÓPIO

2022

GUILHERME SASSON GOLDBERG

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA MUSCOVITA NA TRANSMISSÃO DE CALOR
DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

**An analyses of the influence of the muscovite at the thermal conductivity of
construction's mortar**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Sartori Moreno.

CORNÉLIO PROCÓPIO

2022

Goldberg, Guilherme Sasson
Análise da influência da muscovita na transmissão de calor das
argamassas de revestimento / Guilherme Sasson Goldberg.
Cornélio Procópio. UTFPR, 2022
XI, xx f. : il. ; xx cm

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Sartori Moreno
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Cornélio Procópio,
2022
Bibliografia: f. 69 – 80

1. Argamassa, 2 Isolamento térmico, 3 Muscovita, 4 Revestimento, 5
Eficiência Energética. I. Moreno, João Roberto Sartori. orient. II.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica. III. Análise da influência da
muscovita na transmissão de calor das argamassas de revestimento.

CDD: xxx.xxx



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Cornélio Procópio**



GUILHERME SASSON GOLDBERG

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA MUSCOVITA NA TRANSMISSÃO DE CALOR DAS
ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ciências Mecânicas.

Data de aprovação: 18 de Novembro de 2021

Prof Joao Roberto Sartori Moreno, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Antonio De Padua Lima Filho, Doutorado - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp)

Prof Paulo Cezar Tulio, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 18/11/2021.

Dedico essa pesquisa à minha esposa, mãe, companheira e professora que me incentiva e me dá forças para chegar sempre longe.

Ao Pedro e a Sofia, pois tudo o que faço é para vocês.

À minha família por ter me dado todas as condições possíveis para ter uma educação de qualidade.

A todos os amigos por sempre estarem perto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à instituição por ter me dado oportunidade de pesquisar e estudar engenharia mecânica.

Agradeço especialmente o PhD João Roberto Sartori Moreno pela sua orientação neste trabalho e amizade durante essa jornada.

Agradeço também a todas as amigades que fiz durante o curso.

Gostaria de agradecer também às profa. Dra. Angela Mitie Otta Kinoshita e Profa. Dra. Marcia Moraes Chaves pelos auxílios e disponibilidade durante a pesquisa.

Também fica registrado meu agradecimento ao Sr. Ruy Ferrarezi e ao Prof. Dr. André Luiz Seixlack por terem produzido o equipamento e estarem disponíveis para esclarecimentos e os testes necessários para realizar essa dissertação.

Não poderia deixar de agradecer também à LAMIL pela amostra de material.

Dedico essa pesquisa à minha esposa, mãe, companheira e professora que me incentiva e me dá forças para chegar sempre longe.

Ao Pedro e a Sofia, pois tudo o que faço é para vocês.

À minha família por ter me dado todas as condições possíveis para ter uma educação de qualidade.

A todos os amigos por sempre estarem perto.

“We must keep going. And so, if you can’t fly, then run. If you can’t run, then walk. If you can’t walk, then crawl. But by all means, keep moving.” (KING, Martin Luther, 1967)

“Temos que seguir em frente. Então, se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas como em todos os sentidos, siga em frente.” (KING, Martin Luther, 1967)

GOLDBERG, Guilherme Sasson. **Análise da influência da *muscovita* na transmissão de calor das argamassas de revestimento**. 2022. 91p. Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2022.

RESUMO

O revestimento de argamassas é quase obrigatório em edificações para proteger e dar a aparência que se espera e, tendo o meio ambiente como apelo atualmente, deve-se estudar todas as possibilidades desse tipo de revestimento, tentando extrair ao máximo o seu desempenho. Atento a essa expectativa, este trabalho busca contribuir com a utilização de novos materiais na área das engenharias com desempenho térmico satisfatório, no caso, o mineral *muscovita*, com baixa condutividade térmica. O objetivo deste trabalho é atestar se o mineral reduz a transmissão de calor. Para tanto, a *muscovita* foi adicionada com fatores entre 10% e 30% do total do peso da argamassa, ou seja, somados os pesos de cimento, areia fina e cal hidratada. Desse modo, foram confeccionados oito corpos de prova sem a adição da *Muscovita*, com as adições de 10% e 20% respectivamente, e por fim, com a adição de 30% de *Muscovita*. Os resultados demonstraram que a incorporação da *Muscovita* à argamassa de cimento, areia, cal e água diminui a condutividade térmica, e a um teor de 10% observamos uma aproximada redução em 45% do valor da condutividade térmica em relação à amostra de argamassa sem a adição *Muscovita*. Com a argamassa sendo um bom isolante e transmitindo menos calor, podemos esperar menos gasto com energia para manter a temperatura agradável em qualquer época do ano, tanto inverno como verão, para aquecer ou resfriar o ambiente.

Palavras-chave: Argamassa, Isolamento térmico, *Muscovita*, Revestimento, Eficiência energética.

GOLDBERG, Guilherme Sasson. **An analyses of the influence of the *muscovite* at the thermal conductivity of construction's mortar.** 2022. 91p. Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2022.

ABSTRACT

Mortar rendering is almost mandatory in buildings to protect and give the appearance expected and, with the environment as an appeal nowadays, all the possibilities of this type of coating should be studied, trying to extract its performance to the maximum. Aware of this expectation, this work seeks to contribute to the use of new materials in the field of engineering with satisfactory thermal performance, in this case, the muscovite mineral, with low thermal conductivity. The objective of this work is to certify if the mineral reduces heat transmission. For that, muscovite was added with factors between 10% and 30% of the total weight of the mortar, that is, added the weights of cement, fine sand and hydrated lime. Thus, eight specimens were made: without the addition of *Muscovite*, with the additions of 10% and 20% respectively and finally, with the addition of 30% *Muscovite*. Therefore, the incorporation of Muscovite to cement, sand, lime and water mortar decreases the thermal conductivity, and at a level of 10% we observed an approximate 45% reduction in the thermal conductivity value compared to the sample without *Muscovite*. With mortar being a good insulator and transmitting less heat, we can expect less energy expenditure to maintain a pleasant temperature at any time of the year, both winter and summer, to heat or cool the environment.

Keywords: Mortar, Thermal insulation, *Muscovite*, Rendering, Energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Juros para o programa de financiamento habitacional Casa Verde e Amarela.....	18
Figura 2 – Muscovita em folha (a) e moída (b).....	23
Figura 3 – Muscovita folha oriunda da região do Seridó (RN).....	23
Figura 4 – Condutividade térmica em argila com a adição de cimento.	28
Figura 5 – Diferença de temperatura em função do tempo.	29
Figura 6 – Sistema DesProTherm para medição da condutividade térmica.	30
Figura 7 – Chapisco, emboço e reboco.....	32
Figura 8 – Zonas Bioclimáticas do Brasil.....	37
Figura 9 – Balança e pote de plástico usados no experimento	48
Figura 10 – Montagem das chapas de madeira	50
Figura 11 – Colocação das lonas nos moldes	51
Figura 12 – Corpos de prova no molde.	51
Figura 13 – Esquema da montagem do dispositivo com placa quente compensada.....	53
Figura 14 – Esquema geral da montagem do equipamento.....	54
Figura 15 – Esquema geral da montagem do equipamento.....	54
Figura 16 – Condutividade térmica vs. porcentagem de muscovita.	60
Figura 17 – Condutividade térmica vs. porcentagem de muscovita.	60
Figura 18 – Condutividade térmica vs. porcentagem de muscovita.	61
Figura 19 – Perspectiva da residência	62
Figura 20 – Planta baixa da residência	63
Figura 21 – Condutividade térmica vs. porcentagem de muscovita.	66
Figura 22 – Conta de energia da concessionária CPFL em Marília/SP.....	81
Figura 23 – Conta de água e esgoto da concessionária DAEM em Marília/SP.....	82
Figura 24 – Tabela com o peso específico da alguns materiais	83

Figura 25 – Tabela com consumo de alguns equipamentos	84
Figura 26 – Curva para calibração do Termopar 1	85
Figura 27 – Curva para calibração do Termopar 2	86
Figura 28 – Curva para calibração do Termopar 3	86
Figura 29 – Curva para calibração do Termopar 4	87
Figura 30 – Curva para calibração do Termopar 5	87
Figura 31 – Curva para calibração do Termopar 6	88
Figura 32 – Curva para calibração do Termopar 7	88
Figura 33 – Curva para calibração do Termopar 8	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades da Muscovita.....	25
Tabela 2 – Condutividade térmica em blocos na FRANÇA.	29
Tabela 3 – Condutividade térmica em blocos de solo comprimido.	30
Tabela 4 – Espessuras admissíveis para o revestimento de argamassa (ABNT, 1996)	34
Tabela 5 – Aceitabilidade de Ambientes Térmicos	37
Tabela 6 – Condutividade térmica de materiais	43
Tabela 7 – Conversão de temperaturas e incerteza.	55
Tabela 8 – Resultado das medições nos termopares.....	57
Tabela 9 – Resultado das medições das temperaturas.	58
Tabela 10 – Resultado das condutividades térmicas.....	59
Tabela 11 – Resultado das condutividades térmicas.....	61
Tabela 12 – Área das paredes externas da residência.....	63
Tabela 13 – Custo da argamassa de revestimento sem muscovita.....	65
Tabela 14 – Custo da argamassa de revestimento com 10% de muscovita.....	65
Tabela 15 – Equação das curvas de calibração e desvio padrão dos termopares. ...	89

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials

LISTA DE SIMBOLOS

c	Calor específico
C	Capacidade térmica
m	Massa
dQ	Quantidade de calor
dT	Tempo
q_x	Taxa de transferência de calor através de cada amostra
E	Voltagem do núcleo
I	Corrente do núcleo
K	Condutividade térmica
L	Espessura
A_t	Área transversal da seção do núcleo
T_1	Temperatura Inicial
T_2	Temperatura Final
R	Resistência térmica
e	Espessura
a	Área
H	Taxa de transferência de calor
Q	Quantidade de calor
ΔT	Varição da temperatura

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. JUSTIFICATIVA	20
3. OBJETIVOS	21
3.1 Objetivo Geral	21
3.2 Objetivos Específicos.....	21
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
4.1 O mineral <i>Muscovita</i>	22
4.2 O uso da <i>Muscovita</i> e de materiais diversos na construção civil	25
4.3 Argamassa.....	31
4.4 Conforto Térmico.....	34
4.5 Calor e Temperatura	38
4.5.1 Fluxo de Calor	40
4.6 Energia e Potência.....	40
4.7 Condutividade Térmica	41
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
5.1 MATERIAIS	47
5.1.1 Módulo que mede a condutividade térmica localizado em Ilha Solteira/SP	48
5.2 MÉTODOS	49
5.2.1. Confecção dos corpos de prova	49
5.2.2 Equipamento utilizado	52
5.2.3 Realização do experimento	52
6. RESULTADOS	57
7. CONCLUSÕES	67
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
9. ANEXOS.....	81

1. INTRODUÇÃO

O mercado da Construção civil vive intensas transformações, não só pelas questões políticas e econômicas, nas quais nosso país está inserido, mas também pela mudança de perfil do consumidor. Passamos por um mercado mais competitivo com o aumento da concorrência entre as empresas construtoras e, como efeito, o aumento da oferta de imóveis no mercado. Isso fez com que o comprador, ao ter muitas opções, se tornasse mais seletivo e buscasse possibilidades mais econômicas, que se enquadrassem nos seus desejos, mas também à realidade do mundo que vivemos.

Notamos ainda, uma queda da demanda do governo brasileiro por obras, a perda de poder aquisitivo da população e também a melhoria dos mecanismos de defesa do consumidor, que o empoderaram em suas novas demandas. Para responder a essas transformações, muitas empresas têm buscado a melhoria contínua de seus processos a fim de aumentar a qualidade do seu produto final.

Outro ponto de transformação foi a importância que a sociedade e o mercado passaram a dar à questão ambiental. Antes, seguindo os modelos de desenvolvimento *fordista* e *taylorista*, este não era tão levado em consideração quanto à eficiência da produção visando à maximização do lucro. A busca pela casa própria abre espaço a uma busca por ambientes mais funcionais, inovadores e que se adaptem a rotina e a capacidade financeira.

A construção civil, pela disposição de ativar a economia, gerando investimentos e expandindo o emprego e a renda, é extremamente importante para o desenvolvimento e por isso tem que estar sempre em consonância com as transformações sociais, políticas e econômicas.

Um exemplo desta transformação é a preocupação com os elementos naturais na própria idealização do projeto, existe um movimento muito forte chamado de Bioarquitetura, com propostas e ideias que visam integrar e harmonizar funcionalidade, conforto e beleza às construções com o respeito ao ecossistema, o que hoje se convencionou chamar de “construções vivas”. Como uma das diretrizes da Bioarquitetura, podemos delinear o bom emprego das características climáticas de cada região para determinar conforto nas áreas térmicas, acústica e de iluminação do projeto. O que leva a redução do consumo

energético com a climatização artificial, levando em conta os preceitos vernaculares da construção e arquitetura, utilizando-se de materiais e conhecimentos locais.¹

O aperfeiçoamento nos processos de construção não representa apenas ganhos em tempo e qualidade, pois pode também ser aliado a uma maior consciência ambiental. Como nesta pesquisa desejamos ir além do satisfatório para a construção e para a própria vida em sociedade, ao aliar a argamassa ao mineral *muscovita*, buscamos maximizar o conforto térmico de uma forma que seja menos agressiva ao meio ambiente.

O conforto térmico é muito importante por diversos fatores: um deles é o custo com máquinas de uso muito comum no mundo todo como o ar condicionado, por exemplo. Quando se tem um revestimento que auxilia na atividade final de outros equipamentos, em alguns casos, pode-se até cancelar sua utilização, gerando economias e, conseqüentemente, menos poluição no meio ambiente. Existem várias edificações que foram desenvolvidas a partir dessa premissa e obtiveram sucesso no conforto térmico. A arquitetura é capaz de desenvolver projetos e combinar materiais e diferentes formas e tamanhos para otimizar a economia de energia e melhorar o bem-estar dos que a ocupam (FIGUEIREDO, 2007). Portanto, se pudermos aliar a parte do estudo e desenvolvimento de técnicas para climatização natural ao uso de materiais que auxiliem ainda mais esse fim teremos êxito em diminuir o consumo de energia e, conseqüentemente, a degradação do meio ambiente.

Ainda nessa premissa, a indústria da construção civil procura, sobretudo, projetar de maneira a obter o menor custo, o que faz com que muitas vezes os sistemas utilizados não sejam adequados, somados ao desconhecimento do projetista e a escassez de técnicas construtivas eficientes, muitas vezes, resultam no descumprimento dos requisitos técnicos, como questões térmicas e acústicas. Em contrapartida, esse mercado, cada vez mais competitivo e exigente, que desafia as empresas a aprimorarem e investirem em procedimentos que aumentem a qualidade das obras.

A energia gasta a mais com os sistemas de refrigeração ou calefação vem das concessionárias, que fornecem para o consumidor final a energia

¹ Ver mais em: LENGEN, Johan Van. Manual do Arquiteto descalço. Rio de Janeiro: Tibá Livros, 2004.

extraída do meio ambiente. Em alguns casos, que não são raros, o consumo de energia é tão alto que a natureza não consegue suprir a demanda de energia, pois as usinas hidrelétricas, tem um limite de geração de energia e problemas estruturais, como a falta de água. Desse modo, torna-se necessário a queima de combustíveis como o carvão. Essa queima de material gera resíduos nocivos na natureza, que degradam o meio ambiente. (REIS e SANTOS, 2014).

As concessionárias de energia têm comumente adotado um sistema de cobrança com tarifas diferenciadas chamadas de Bandeira Verde, Bandeira Amarela e Bandeira Vermelha. A dita Bandeira Vermelha, que as empresas usam nas contas de energia significa que a produção de energia não foi suficiente de tal maneira que foi necessário utilizar fontes de energia alternativa como, por exemplo, uma usina termoelétrica. Isso se traduz num valor de conta de consumo de energia muito alto. Quando tratamos do assunto correlacionando à classe C, isso significa uma porcentagem muito alta da renda.

Entendendo a nova realidade que se desdobra, nessa pesquisa, o mineral *muscovita* foi incorporado à argamassa de cimento, areia e cal para verificar a diminuição da transmissão de calor do revestimento e aliar a consciência ambiental à questão econômica das construções populares.

Além das vantagens econômicas, os estudos do conforto térmico esperam criar condições apropriadas para a emprego e o incremento das atividades humanas. Estas condições são fundamentadas em três fatores: o bem-estar e a produtividade do ser humano e a conservação de energia, impedindo desperdícios com calefação e refrigeração.

Existem três tipos de transferência de calor: por condução, convecção e radiação. A condução pode ser explicada como a transferência térmica entre partes adjacentes de um corpo, quando colocados em contato, sempre quando existe uma diferença de temperatura entre os dois; já a radiação ocorre entre corpos afastados com temperaturas diferentes, por meio de ondas eletromagnéticas, em linhas retas e na velocidade da luz; enquanto a convecção se dá entre uma superfície sólida e um fluido, em contato, quando há diferença de temperatura.

Para reduzir a carga térmica dos ambientes por transmissão de calor podemos aplicar revestimentos de superfícies com baixa condutividade térmica, incitando o problema inicial desta pesquisa: em que medida o revestimento

composto de argamassa e *muscovita*, aplicado sobre as superfícies externas das paredes, reduz a carga térmica em relação às paredes sem o referido revestimento?

Para a Engenharia Civil, este tema é muito relevante, pois dialoga com as transformações que se vem buscando. A construção de casas populares fomentada pelos programas governamentais como o “Minha Casa, Minha Vida”, instituído em 2009, gera questionamentos sobre como proporcionar a construção de moradias a preços populares e influenciar na redução do consumo de energia, que está diretamente ligado ao cunho social deste tipo de projeto. Moradia acessível e desempenho otimizado é imprescindível para a população de baixa renda, que deseja ter uma casa própria e não dispõe de orçamento mensal para pagar contas de energia tão elevadas.

O ano de 2019 parecia muito promissor para o mercado, com as apostas no novo Governo, as propostas de reformas e as previsões positivas para o setor da construção civil, o que se esperava era um crescimento exponencial. Com a criação do programa Casa Verde e Amarela no Governo Bolsonaro, houve algumas mudanças nas faixas de renda e de juros, também agora a proposta é por linhas de crédito para reformas, aquisição de imóveis e regularização fundiária para famílias com até R\$ 7 mil de renda mensal na área urbana e com até R\$ 84 mil de renda anual na área rural. Isso pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Juros para o programa de financiamento habitacional Casa Verde e Amarela.

Juros dos programas

Minha Casa Minha Vida		Casa Verde Amarela		
Faixa	Juros	Grupo	Juros (Sul Sudeste e Centro Oeste)	Juros (Norte e Nordeste)
1	sem juros e prestações até R\$ 270	-	-	-
1.5	5% (não cotista do FGTS e 4.5% (cotista do FGTS)	1	5% a 5.25% (não cotista) e 4.5% a 4.75% (cotista)	4.75% a 5% (não cotista do FGTS) e 4.25% a 4.5% (cotista)
2	juros de 5.5% a 7% (não cotista) e 5% a 6.5% (cotista)	2	5.5% a 7% (não cotista) e de 5% a 6.5% (cotista)	5.25% a 7% (não cotista) e de 4.75% a 6.5% (cotista)
3	juros de 8.16% (não cotista) a 7.66% (cotista)	3	8.16% (não cotista) e 7.66% (cotista)	8.16% (não cotista) e 7.66% (cotista)

Fonte: G1: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/12/10/minha-casa-minha-vida-e-casa-verde-e-amarela-entenda-as-diferencas-entre-os-programas.ghtml> 2020

A extinção da primeira faixa pode causar grandes transformações no mercado, mas o governo Federal ainda não declarou o seu posicionamento final sobre o tópico.

Esta pesquisa começou dentro de uma realidade específica do mercado imobiliário e hoje, vivemos um novo desafio frente a pandemia do novo coronavírus, ainda não sabemos os seus reais impactos frente à Construção Civil e o crédito imobiliário. Por enquanto, o que vemos é uma alta dos preços dos produtos utilizados na área numa média de 15/20%:

O interesse do brasileiro pela compra de imóveis continua alto, em parte pelo fato de a pandemia ter influenciado as pessoas a buscarem melhor qualidade de vida por meio da aquisição deste tipo de bem. No entanto, os Indicadores Imobiliários Nacionais do quarto trimestre de 2020 mostram que o aumento dos preços do material de construção e as ameaças de desabastecimento podem prejudicar o setor, em especial os empreendimentos dos imóveis ligados ao programa Casa Verde e Amarela voltados para famílias com renda mensal entre R\$2500 e R\$4500. (AGÊNCIA BRASIL, 2020)

Segundo a sondagem da Câmara Brasileira da Indústria de Construção (CBIC), em comparação com o ano anterior, em 2020 houve uma queda de 17,8% nos lançamentos imobiliários e o maior problema relatado foi a alta dos insumos.

O cenário ainda está arriscado, as previsões não são otimistas em relação ao lançamento de novas obras e a segurança jurídica de entrega das obras já em andamento. Portanto, acreditamos que o mercado passará por adaptações.

2. JUSTIFICATIVA

A pesquisa justifica-se pelo desenvolvimento crescente das demandas sociais e culturais que remetem ao bem-estar do homem e sua relação com o meio-ambiente, bem como das novas tecnologias e materiais utilizados na construção civil para garantir esse desenvolvimento. Como exemplo, temos a elaboração de normas técnicas específicas para estes fins, que serão citadas nos tópicos adiante e também pelo fato de o Brasil ser um país que tem a construção civil como um dos setores que mais impulsiona a economia. No entanto, sobre o uso da *Muscovita* unida a argamassa não foram encontrados estudos específicos, somente de outros agregados e misturas, o que sugere uma nova meta, de incrementar e promover pesquisas científicas e acadêmicas sobre o tema.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

A presente dissertação visa analisar o desempenho do mineral *Muscovita* unido a argamassa de revestimento como um isolante térmico da troca de calor entre ambientes externos e internos.

3.2 Objetivos Específicos

- Apresentar uma alternativa para complementar os estudos sobre o uso de materiais diversos em revestimentos e suas soluções para o bom desempenho térmico;
- Avaliar o potencial de diminuição da transmissão de calor da argamassa devido à adição de determinadas proporções do mineral *muscovita* na sua composição;
- Determinar a influência econômica e prática que a adição da *muscovita* representa numa construção residencial, em termos de conforto térmico.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 O mineral *Muscovita*

A *Muscovita* é um mineral claro, que se cliva, ou seja, se quebra em planos de acordo com a estrutura atômica interna, paralelos às faces do cristal que possivelmente formariam. É um mineral do grupo mica com inúmeras aplicações industriais, como o uso em condensadores, isoladores, cargas plásticas e pigmentos perolados (BARLOW e MANNING, 1999).

É também muito comum encontrá-la em rochas, pois pode ser localizada como pequenas palhetas em solo de rochas graníticas (granitos, Gnaisses, e pegmatitos de composição granítica) e em áreas de xistos. A região nordeste do Brasil possui um dos maiores depósitos de *Muscovita*. Há também uma enorme quantidade de mineral na China, África Ocidental e na Índia nas áreas de Madras e Bihar. Do grupo das micas, é o mineral que tem maior número de aplicações industriais (SANTOS et al., 2019 e BALTAR et al., 2008).

Pode ter algumas variações de composição química, de acordo com o local de extração. No maciço Velho Guilherme, localizado no sul do Pará, é mais rica em Mg e apresenta valores mais baixos de XFe (fração molar de Ferro - $X_{Fe} = Fe / (Fe + Mg)$), se compararmos com alguns outros maciços. A *Muscovita* do maciço Ubim/Sul, também localizada no sul do Pará, possui valores mais elevados de Si, XFe e K, sendo, porém, encontrado pouco Al no total. Isso pode ocorrer por causa de uma substituição fengítica mais expressiva na mica deste maciço. Já na Província Pegmatítica Oriental, em Minas Gerais, a *Muscovita* encontrada possui um baixo teor de Fe e alto teor de Li e B.

Borodina e Fershtater (1988) realizaram um estudo em que uma microsonda forneceu muitos dados sobre a composição das *Muscovitas*, encontradas em vários tipos de granito e suas variadas manifestações morfológicas como: fenocristais, pequenos grãos na massa, intercrescimentos com biotita, inclusões em feldspatos etc.

“O Agalmatolito é uma rocha metamórfica composta, basicamente, pelos minerais pirofilita, *muscovita* e ilita, apresentando uma estrutura cristalina

monoclínica plana e textura lamelar com alta razão de contraste.” (Lamil Especialidades Minerais Ltda., 2018).

Pode ter diversas aplicações, dependendo da sua forma, é aceitável utilizá-lo em folha ou moída. A sua forma em folha, em especial, tem aplicação na indústria de eletrônicos, por sua resistência térmica e constante dielétrica. Uma aplicação que todos podem conhecer é na fabricação das janelas de micro-ondas. Já a sua aplicação na forma moída, é dada nas tintas. Países como Estados Unidos da América e Alemanha, utilizam-na com certa usualidade. Porém, o seu uso tem foco na pigmentação (SANTOS et al., 2010). A Figura 2 exhibe a *Muscovita* na sua forma de folha e moída.

Figura 2 – *Muscovita* em folha (a) e moída (b).



Fonte: Santos et al., 2009

Já na Figura 3, podemos visualizar a *Muscovita* logo após a sua extração.

Figura 3 – *Muscovita* folha oriunda da região do Seridó (RN).



Fonte: Santos et al., 2009

Sua característica é ser elástico-flexível e com uma alta resistência mecânica. Seu custo é relativamente baixo e como supracitado, o Brasil possui uma grande capacidade de extração (BRASIL (DNPM), 2014).

Dentre as suas propriedades, podemos mencionar: alta clivagem no plano basal – permitindo sua separação em lâminas muito finas –; plasticidade; baixa condutividade elétrica; baixa condutividade térmica; brilho vítreo, resistência a mudanças súbitas de temperatura e coloração verde a incolor (KOGEL et al., 2006).

Segundo o Banco de dados realizado em 2000 pelo Departamento de Geologia (Petrologia e Metalogenia) da UNESP de Rio Claro/SP e intitulado *Descrição Sistemática das Propriedades Ópticas dos Principais Minerais Formadores de Rocha*, o minério $KAl_2(OH)_2(AlSiO_{10})$ apresenta dureza baixa, alta densidade, cor transparente e é um mineral não tóxico, não radioativo e não magnético. Define-se a *Muscovita* como um minério:

[...] formado por processos pneumatolíticos, hidrotermais e metamórficos (metamorfismo regional e de contato em condições de temperaturas baixas a altas); forma-se também na cristalização magmática de rochas ácidas, especialmente nas fases finais, aparecendo nos granitos a duas micas, aplitos e pegmatitos, sendo que nos granitos na maioria dos casos resulta de transformações pós-magmáticas (metamorfismo e hidrotermalismo). Nos magmas apenas pode aparecer como mineral primário em pressões superiores a 1,5 kbar. Mineral muito comum em gnaisses, xistos, granitos, arenitos e pegmatitos, onde forma cristais grandes, atingindo dimensões métricas. (BRASIL (DNPM) 2014, P 11.11).

Algumas outras propriedades e dados podem ser vistos na Tabela 1. Esses dados foram fornecidos pela Lamil Especialidades Minerais Ltda. Podemos citar como exemplo, densidade = $2,8 \pm 0,2 \text{ g/cm}^3$ e granulometria menor do que 20 μm .

Tabela 1 – Propriedades da Muscovita

CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS	UNIDADE	MÉTODO	Mica Lamil® 3250
Código Comercial do produto	-	-	069
Resíduo em peneira #100 (150 µm)	%	ISO 2591-1	-
#325 (45 µm)	%		≤ 3,0
#400 (38 µm)	%		-
#500 (25 µm)	%		-
#635 (20 µm)	%		-
Tamanho de partícula d ₅₀	µm	ISO 13320-	16 - 18
d ₉₈	µm	1	56 - 59
pH	-	ISO 787-9	7 – 9,5
Densidade	g/cm ³	ISO 787-10	2,8 ± 0,2
Densidade aparente	g/cm ³	ISO 787-11	0,55 ± 0,10
Umidade a 105°C	%	ISO 787-2	< 1,0
Absorção de óleo	g/100g	ISO 787-5	35 ± 5
Solubilidade em água	%	ISO 787-8	Insolúvel
Solubilidade em HCl	%	-	< 3
Propriedades óticas ¹			
Opacidade	%	ASTM D2805-11	-
Brancura	%		-
Amarelamento	%		-
L*	%		-
Alvura ISO	%	ISO 13320-1	-
Alvura GE ^o	%		-
Índice de refração, n	-	-	1,55
CAS number	-	-	12284-46-7
Formula química:	-	-	Al ₂ (Si ₄ O ₁₀)(OH) ₂ KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂
Análise química típica			
Al ₂ O ₃	%	DIN 51001:2003	38 ± 6,0
SiO ₂	%		49 ± 5,0
K ₂ O	%		10 ± 2,0
CaO	%		< 0,5
Fe ₂ O ₃	%		< 2,0
P ₂ O ₅	%		< 0,5
MgO	%		< 0,5

Fonte: Lamil Especialidades Minerais Ltda.,2018.

4.2 O uso da *Muscovita* e de materiais diversos na construção civil

A *Muscovita* é um minério muito utilizado por todos os tipos de indústrias, incluindo as de revestimentos cerâmicos, materiais de construção e

polímeros (JORDENS et al., 2016). Este tipo de mineral é, normalmente, utilizado em partículas finas para ser facilmente incorporado aos outros materiais. Em função destas aplicações, é necessário reduzir o tamanho das partículas das matérias-primas naturais, pela moagem e esmagamento do pó (PÉREZ-RODRÍGUEZ et. al, 2006 e PAPIRER et. al. 1990). Não encontramos estudos específicos referentes ao emprego do mineral às argamassas; há, entretanto, análises relacionando ao concreto e tintas e também um trabalho publicado em 2001 por Andreas Leemann e Lorenz Holzer, intitulado *Influence of mica on the properties of mortar and concrete* que vai demonstrar os efeitos da adição de mica na estrutura do concreto e argamassa.

Neste tópico, demonstraremos alguns trabalhos científicos realizados sobre o emprego de materiais diversos na construção civil, na busca de melhores resultados de condutividade térmica.

Um estudo utilizando a mica como agregado para o concreto foi realizado no Nepal, onde a areia tem uma composição de mica entre 4 a 30% do seu peso. Segundo resultados de testes realizados, com essa proporção (4 a 30% de mica na areia) há uma perda de resistência e aderência. Contudo, o estudo mostra que o uso de aproximadamente 1%, e não os 4 a 30% apresentados nas amostras, de mica no agregado miúdo na mistura de concreto é viável para não alterar as propriedades (FOOKES e REVIE, 1982). Esse estudo, entretanto, não expôs qual tipo de mica se refere. Como a *Muscovita* é um mineral do grupo da mica, teria que ser feito um aprofundamento a respeito do tipo de mica encontrada nesta região.

Notamos mais facilmente a utilização da vermiculita na construção civil, como por exemplo: vermiplac, placas de aglomerado com dimensões métricas; vermibloc, blocos pré-moldados com argamassa gesso/vermiculita usados em divisórias internas.

Existem diversas pesquisas voltadas a incorporação de vermiculita e outros materiais em construção civil, como o estudo de Cintra (2014) que vai agrupar além da vermiculita, agregados de borracha reciclada de pneus nas argamassas leves para contribuir com o isolamento termo acústico. A sua adição foi até de 45% e demonstrou que diminuiu a retração, aumentou a resistência a compressão e aumentou a resistência de aderência, além de não alterar a condutividade térmica e nem a absorção acústica das argamassas leves, em

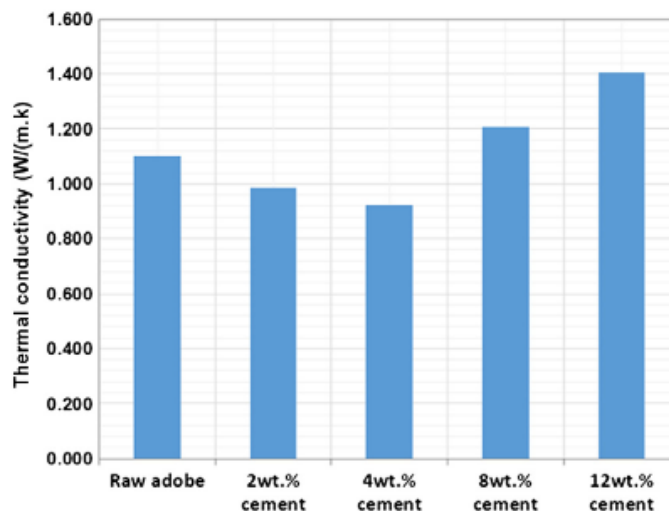
comparação com as sem adição dos agregados de borracha. Estudos como esse servem para evidenciar a importância de se pesquisar elementos construtivos sustentáveis e da viabilidade de seu emprego na construção civil.

Souza (2012) vai analisar o comportamento térmico das argamassas de revestimentos em paredes de edificações, compostas por gesso puro, gesso/EVA e gesso/vermiculita, buscando uma redução da carga térmica quando comparada as paredes convencionais de tijolos de cerâmica e argamassa de cimento-areia. Nos resultados finais descobriu uma redução de 18% da carga térmica do ambiente com os revestimentos de gesso e gesso/EVA e de 36% com o revestimento de gesso/vermiculita.

Para Dao et. al. (2018), a condutividade térmica das alvenarias é uma propriedade muito importante que muitos estudiosos não levam em consideração na escolha dos materiais. Porém, essa característica é muito importante – especialmente em ambientes secos – para reduzir o custo de energia com diferença térmica entre o meio externo e interno. Em seu trabalho, foram avaliadas as propriedades mecânicas, térmicas e de erosão utilizando argila da região de Burkina Faso. Essa argila continha uma alta quantidade de sílica, alumina e óxido de ferro. Analisando a composição mineralógica, é possível verificar que a amostra continha quartzo (49 wt%), caulinita (28 wt%), *muscovita* (9 wt%) e goethita (7 wt%).

A investigação incorporou uma porcentagem de cimento à argila para realizar alguns testes e mediu a condutividade térmica utilizando equipamento específico para a medição. Foi concluído que a adição de cimento não expressou uma alteração significativa, pois, conforme a Figura 4 exibe, a argila, desde 0% de cimento até 12% de cimento adicionado, não representou uma diminuição considerável na condutividade térmica.

Figura 4 – Condutividade térmica em argila com a adição de cimento.



Fonte: Dao et. al., 2018

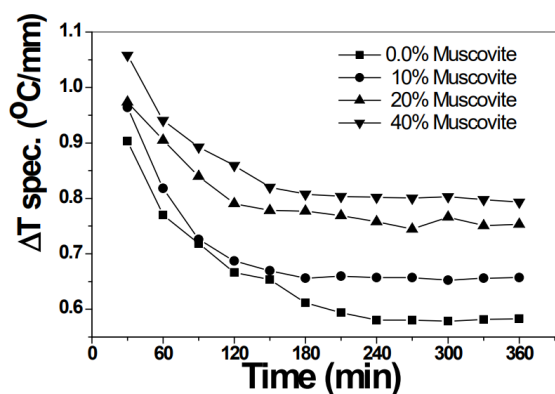
Já Cagnon et. al. (2014) concluíram em seu estudo que os tijolos produzidos com terra proveniente da França, apresentam condutividade térmica semelhante ao bloco de argila vazado. O trabalho utilizou o método DesProTherm (Dispositif d'Estimation des Propriétés Thermiques), que consiste em colocar a amostra entre duas placas isolantes de materiais conhecidos. As amostras devem ter a mesma dimensão das placas isolantes. É necessário que o material tenha espessura suficiente para o fluxo de calor não passe de um lado para o outro da amostra durante o teste. Esse material se apresentou como uma boa alternativa ao tijolo vazado comumente utilizado. Além da condutividade térmica, ainda destacam que para extrair esse material tem-se um custo baixo e há grandes reservas de material, sendo, portanto, aconselhável o seu uso. A condutividade térmica dos blocos pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 – Condutividade térmica em blocos na FRANÇA.

Amostra	K ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
	Método Desprotherm
Tijolo 1	0,05
Tijolo 2	0,10
Tijolo 3	0,09
Tijolo 4	0,10
Tijolo 5	0,09

Fonte: Adaptado de Cagnon et. al. , 2014

RIBAS et al. (2016) em uma pesquisa de Mestrado publicada, atestaram que o uso da *Muscovita* associado às tintas pode resultar numa diminuição da sua condutividade térmica. Estes concluíram que o coeficiente de transmissão de calor da tinta adicionada do mineral diminui cerca de 40% se comparada à tinta comercial. A Figura 5 exibe um gráfico em que o teste consistia em cronometrar o tempo que a variação de temperatura se dava. De acordo com os resultados, a diferença de tempo foi considerável. Podemos ver na figura abaixo que com 0% de muscovita a diferença de temperatura em 360 minutos foi de aproximadamente 0,45°C/mm. Já com 40% de muscovita, a diferença em 360 minutos foi de aproximadamente 0,30°C/mm.

Figura 5 – Diferença de temperatura em função do tempo.

Fonte: Ribas et. al, 2016

Moussa et al. (2019) apropriou uma análise comparativa entre bloco de solo comprimido(CEB) com 8% de cimento (CEM) e bloco de solo comprimido estabilizado com certas porcentagens (0, 5, 10, 15, 20 e 25%) de cálcio (CCR). Utilizando o método de DEsProTherm (Dispositif d'Estimation des Propriétés Thermiques), com amostras de 6,00 x 4,00 x 1,00 cm³, foi possível determinar a condutividade térmica ($W.m^{-1}.K^{-1}$). O equipamento pode ser visto na Figura 6 e o resultado pode ser visto na Tabela 3.

Figura 6 – Sistema DesProTherm para medição da condutividade térmica.



Fonte: Moussa et. al, 2019.

Tabela 3 – Condutividade térmica em blocos de solo comprimido.

Amostra	K ($W.m^{-1}.K^{-1}$)
8%CEM	0,78
0% CCR	1,00
5% CCR	0,69
10% CCR	0,66
15% CCR	0,60
20% CCR	0,47
25% CCR	0,52

Fonte: Adaptado de Moussa et. al., 2019

4.3 Argamassa

O revestimento está presente na Construção Civil há muito tempo e é um dos principais pilares da construção vernacular. Desde os primórdios, o homem revestia os objetos com as mais diversas finalidades, desde a proteção até a impermeabilização, em túmulos, santuários, etc. As primeiras argamassas conhecidas foram descobertas na Galileia com mais de 10000 anos de existência. (ALVAREZ et al, 2005)

O revestimento de argamassa pode ser definido como:

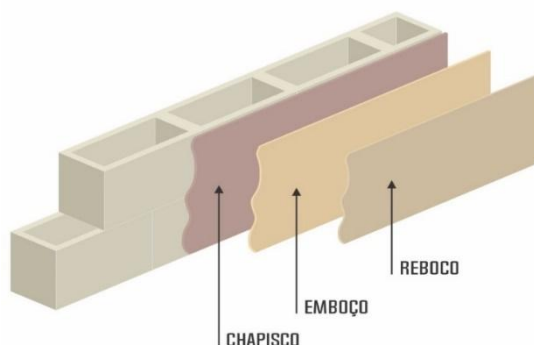
[...] a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada uma decoração final. (ABCP, 2002, p. 11)

As principais funções do revestimento externo de argamassa, que é utilizado nesta pesquisa, dizem respeito à contribuição para a estanqueidade à água das fachadas, ao conforto térmico e acústico do ambiente, à segurança contra o fogo e ao bom aspecto final da edificação. Quando essas funções são cumpridas de forma satisfatória, atinge-se o desempenho necessário.

Dentre os mais utilizados, um deles é a argamassa de cimento, areia e cal e pode se constituir de uma ou duas camadas. As camadas são denominadas: emboço, reboco ou massa única (emboço paulista) (WALID, 2009). A

Figura 7 mostra um esquema com todas as camadas possíveis de revestimento. O emboço pode ser usado como camada única ou como base para uma segunda camada, o reboco. Os revestimentos executados com as camadas de emboço e reboco tem, usualmente, acabamento em pintura (SABBATINI, 2000). Todos os revestimentos devem ter um substrato, chamado de chapisco. Este serve para dar a aderência entre a parede de alvenaria e o revestimento.

Figura 7 – Chapisco, emboço e reboco.



Fonte: <https://ecoengenharia.com.br/images/produtos/fotos/A029F0253-eco-chapisco-G.jpg>, 2020

A NBR 13281 (ABNT, 2005) define a argamassa para revestimento como uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos com propriedades de aderência e endurecimento.

Existem vários tipos de argamassas, que são classificadas por diversos critérios e que têm diferentes finalidades na construção, bem como, diferentes composições e estrutura. Logo, de acordo com a forma de preparo, a argamassa pode ser classificada como industrializada ou estabilizada, quando for preparada por meio de um processo industrial, ou a produzida diretamente na obra. No caso desta pesquisa, a argamassa utilizada é preparada diretamente na obra, com a mistura dos insumos utilizando a betoneira para maior homogeneidade do material.

Os aglomerantes empregados serão o cimento e a cal. O cimento mais utilizado é o cimento Portland e todos os cimentos necessitam de água para que se processem as reações de hidratação, que levam ao seu endurecimento e que após o processo, o tornam resistente à água. Ele é o principal responsável pelas propriedades mecânicas da argamassa, principalmente a resistência mecânica que conferem as mesmas.

Já a cal desenvolve seu endurecimento por meio da transformação em carbonato de cálcio, pela fixação do gás carbônico existente no ar. A cal hidratada deve passar por um período de descanso em um processo chamado de argamassa intermediária, quando misturamos areia, cal hidratada e água para provocar a hidratação e permitir alterações nas partículas e nos cristais de hidróxidos (SABBATINI, 1986). Aqui, notamos a importância de outra parte

integrante da argamassa, que são os agregados, podendo ser naturais, como as areias de rios e minas e os pedregulhos, ou artificiais, que são resultado de um trabalho industrializado, como a pedra britada e a areia artificial.

Um dos pontos fundamentais de uma argamassa é sua trabalhabilidade, que pode ser avaliada quando ela se deixa penetrar facilmente pelas ferramentas do pedreiro, mantém coesa ao ser transportada, distribui-se facilmente e não endurece rapidamente quando aplicada. Muitos aspectos podem interferir nesta trabalhabilidade, principalmente os aglomerantes.

Veiga (2005) afirma que nos rebocos executados em obras, cada camada possui uma função específica e determinada e por isso, devem cumprir requisitos diferenciados e ter uma dosagem específica. Já que:

[...] as várias funções implicam características diferentes e por vezes contraditórias da argamassa. Por exemplo, para ter boa aderência e ser impermeável na massa a argamassa a usar deve ter uma dosagem forte em cimento e ser bastante fluída, enquanto para ter boa resistência à fendilhação e uma permeabilidade ao vapor de água elevada é necessário reduzir o teor de cimento. (VEIGA, 2005, p. 3)

Cada obra e suas exigências estão sujeitas a diferentes patologias e conseqüentemente a diferentes aplicabilidades da argamassa, portanto, um bom projeto é sempre importante para definir a necessidade do tipo de revestimento que será utilizado.

A plasticidade da argamassa também deve ser aplicada de acordo com a finalidade e a forma de aplicação, para que a consistência facilite sempre a trabalhabilidade. Uma boa argamassa tem uma retenção de água que permite que as reações de endurecimento se tornem mais gradativas, promovendo a adequada hidratação do cimento e conseqüente ganho de resistência.

As espessuras aceitáveis para os revestimentos de argamassa estão expostas na Tabela 4, de acordo com a norma NBR 13749 (ABNT, 1996).

Tabela 4 – Espessuras admissíveis para o revestimento de argamassa (ABNT, 1996)

Revestimento	Espessura (mm)
Parede Interna	$5 < e < 20$ mm
Parede Externa	$20 < e < 30$ mm
Tetos internos e externos	$e < 20$ mm

Fonte: ABNT, 1996.

Nos revestimentos do tipo emboço e reboco, a camada de reboco deve ter, no máximo, 5 mm, sendo o remanescente da espessura referente à camada de emboço. Se a espessura do revestimento ficar entre 3 e 5 mm, a aplicação da argamassa necessita ser feita em duas demãos, com um espaço de 16 horas entre elas. Se a espessura for de 5 a 8 mm, a aplicação deve ser realizada em três demãos, sendo as duas primeiras encasquilhadas.

Na obra, a execução dos revestimentos de argamassas segue uma série de etapas pré-traçadas, cada uma com seus procedimentos específicos: a preparação da base; a definição do substrato; a aplicação da argamassa e; o acabamento das camadas.

4.4 Conforto Térmico

Com as preocupações ambientais e sociais em mente, a NBR 15575 foi publicada para elencar os critérios mínimos de desempenho térmico das edificações e facilitar a produção de projetos que visem uma maior eficiência energética nas construções.

A NBR 15575 (2013) determina que para atender às exigências referentes às questões de conforto térmico é necessário levar em conta os sistemas de vedação e cobertura. Neste caso, a argamassa de revestimento é indispensável para realizar o fechamento da estrutura, que pode contribuir com até 30% do isolamento térmico quando apresentar espessura em torno de 35% do sistema de vedação (PASSOS e CARASEK, 2018). Sendo assim, o estudo de novos materiais e sistemas construtivos se transforma em uma ferramenta capaz

de suprir as exigências e alavancar a vantagem competitiva no mercado da construção civil.

O estudo do conforto térmico nasceu nas primeiras décadas do século XX, sempre relacionado a pesquisas que caracterizassem e indicassem situações de stress térmico em ambientes de trabalho. Hoje, o conforto térmico é considerado como uma das variáveis, relacionadas às edificações, que possui impacto mais direto e imediato sobre os usuários, por isso a preocupação crescente com o mesmo (SOUSA e LEDER, 2019).

A definição de conforto térmico deriva muito, mas sempre vem associada as condições físicas, fisiológicas e sobretudo psicológicas. Para a American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, é o estado da mente que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o rodeia (ASHRAE, 2004). Algumas bibliografias relacionam conforto térmico ao estado de bem-estar entre o homem e o ambiente que está inserido quando existe a condição de neutralidade térmica. Essas terminologias e outras são discutidas por SOUSA e LEDER (2019) em recente artigo publicado pela Unicamp para demonstrar como essas definições vão implicar no delineamento das pesquisas científicas na área.

No entanto, a neutralidade térmica é uma condição diferente, que determina o estado físico no qual todo o calor gerado pelo organismo por meio do metabolismo é trocado na mesma proporção com o ambiente ao redor, não havendo nem acúmulo de calor, nem perda excessiva do mesmo, mantendo a temperatura corporal constante. A neutralidade térmica pode ser considerada como uma condição determinante para que exista o conforto térmico, mas não é suficiente:

[...] pode-se dizer que a neutralidade térmica é uma condição necessária mas não suficiente para que uma pessoa esteja em conforto térmico. Um indivíduo que estiver exposto a um campo assimétrico de radiação, pode muito bem estar em neutralidade térmica, porém não estará certamente em conforto térmico. (LAMBERTS e XAVIER, 2002, p. 3)

As principais normas e guias de referência são:

- ISO 7730/94 - Ambientes térmicos moderados - Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para conforto térmico;

- ISO/DIS 7726/96 - Ambientes Térmicos - Instrumentos e Métodos para medições das quantidades físicas;
- ASHRAE Standard 55-1992: Ambientes Térmicos - Condições para ocupação humana;
- ASHRAE Fundamentals Handbook - cap. 8 Thermal Comfort – 1997;
- ISO 8996/90 - Ergonomia - Determinação da produção de calor metabólico e
- ISO 9920/95 - Ergonomia de ambientes térmicos - Estimativa de isolamento térmico e resistência evaporativa de um traje de roupas. (LAMBERTS e XAVIER, 2002)

A NR 17 (2018) de Segurança do Trabalho inclusive menciona que a temperatura do ambiente deve ser entre 20° C e 23° C, de acordo com a atividade desempenhada, sempre visando o bem-estar do indivíduo. Ainda, a NBR 15220 (ABNT, 2003) entende conforto térmico como a satisfação psicológica do indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Também existem índices criados para, medir o conforto térmico, como como o PMV (Predicted Mean Vote – Voto Previsto Médio) e o PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied – Percentagem Previsível de Insatisfeitos) para avaliar a percepção térmica humana, que podem ser vistos na Tabela 5. Esses conceitos servem para mostrar que mesmo em um ambiente aonde a maioria seja neutra, sempre existirão pessoas desconfortáveis, por isso é praticamente impossível determinar uma zona termicamente confortável, uma vez que esse conceito perpassa pela subjetividade.

Tabela 5 – Aceitabilidade de Ambientes Térmicos

Categori a	Sensação térmica do corpo como todo		Desconforto local % de insatisfeitos			
	PPD %	PMV	Correntes ar rio	Diferença temperatura ar vertical	Piso quente/ frio	Assimetria radiação
A	< 6	-0,2<PMV<+0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5<PMV<+0,5	<20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7<PMV<+0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Fonte: ISO 7730 (2005)

O conforto térmico é relacionado ao conceito de Zonas Bioclimáticas, que é a divisão em regiões homogêneas quanto aos elementos climáticos. A norma NBR 15575-1 (2013) determina que as edificações habitacionais precisam atender aos requisitos de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática.

A NBR 15220-3 (2005) dividiu o território brasileiro em oito regiões bioclimáticas, onde são definidos o dia típico de inverno e o dia típico de verão, instituídos com base na temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar incidente para o dia mais frio e para o dia mais quente do ano respectivamente, segundo a média observada num número representativo de anos. O mapa das regiões no Brasil pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Zonas Bioclimáticas do Brasil

Fonte: NBR 15220-3 (2005)

A cidade de Marília no Estado de São Paulo está localizada na Zona 3 e, portanto, segue as seguintes diretrizes: uso de aberturas de tamanho médio que permitam a alcance de radiação solar no inverno, mas com paredes externas refletoras e leves e com coberturas leve e isolada. No verão, os procedimentos recomendados são de ventilação cruzada, e no inverno o aquecimento solar da edificação com paredes internas que tenham maior inércia térmica.

4.5 Calor e Temperatura

Quando se coloca um gelo na água quente, o gelo funde (esquenta) e a água esfria, e eles tendem a atingir equilíbrio térmico. A interação que faz a temperatura variar é basicamente uma transferência de energia entre o gelo e a água. A transferência de energia produzida apenas pela diferença de temperatura é chamada transferência de calor ou fluxo de calor, e a energia transferida desse modo denomina-se calor. Essa variação de temperatura ao contrário, ou seja, esquentando a água, também ocorre. Essa interação também deve envolver uma troca de energia.

Young e Freedman (2016) definem caloria como sendo:

Uma unidade de quantidade de calor com base na variação de temperatura de materiais específicos. A caloria (abreviada como cal) é definida como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5 °C a 15,5 °C (YOUNG e FREEDMAN, 2016, p 211).

Também podemos utilizar graus, Fahrenheit e unidades britânicas (British thermal unit, ou Btu) como unidades de calor correspondente. Um Btu é a quantidade de calor que é necessária para aumentar a temperatura de uma libra de água em 1 °F, de 63 °F até 64 °F, por exemplo.

Calor é uma energia em trânsito e por isso, existe uma relação entre essas unidades e as unidades de energia mecânica que conhecemos, como o Joule (J). Experiências previamente realizadas indicam que:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 1.000 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ pés} \cdot \text{lb} = 252 \text{ cal} = 1.055 \text{ J}$$

Devemos deixar claro que existe uma diferença entre calor e temperatura. O calor é referente a uma transferência de energia de algum sistema para outro em virtude de uma diferença da temperatura que estes possuem; nunca a quantidade total de energia contida em um sistema particular. A temperatura indica, por meio de uma descrição quantitativa em forma de °C ou °F ou K, se o material está frio ou quente. Podemos aumentar ou diminuir a temperatura de um corpo retirando ou fornecendo calor dele.

Em dias de verão e dias de inverno, independentemente da temperatura externa, o corpo humano necessita manter a sua temperatura constante. Mesmo o corpo sendo uma máquina complexa, às vezes, este precisa de algum auxílio. Em dias muito quentes, é comum utilizarmos menos proteção (roupas) para facilitar a troca de calor entre corpo e meio externo. Em dias de temperatura baixa, ocorre o contrário.

O conceito de temperatura pode ser entendido pelo nosso sentido do tato. Um corpo que aparenta estar “quente” normalmente está em uma temperatura mais elevada que outro que parece estar “frio”.

Quando dois sistemas distintos são separados por um material isolante, como plástico, madeira e/ou isopor, um sistema influencia o outro, mesmo que lentamente. As caixas térmicas, usadas para manter o interior em uma temperatura diferente do exterior, são feitas com materiais isolantes para impedir justamente que as temperaturas sejam a mesma. Usualmente, estas são utilizadas para que o gelo e os alimentos gelados não se aqueçam e atinjam o equilíbrio térmico com a temperatura quente externa. Um isolante ideal é um material que impede qualquer tipo de troca entre os dois sistemas. Ele impedirá que as temperaturas se tornem a mesma, ou seja, atinjam o equilíbrio. Isolantes, como os utilizados comercialmente nas caixas térmicas, não são ideais, pois o conteúdo da caixa térmica acaba esquentando (YOUNG e FREEDMAN, 2016).

Para facilitar esse entendimento, podemos fazer uma analogia da transmissão de calor com dois tanques de água, um cheio e um vazio. O tanque cheio irá fornecer água para o vazio por meio da tubulação que os conecta. Se colocarmos alguma barreira dentro da tubulação que dificulte a transmissão da água, esta demorará mais para fornecê-la ao tanque vazio (DEMTRÖDER, 2017).

4.5.1 Fluxo de Calor

O fluxo de calor vai definir a relação entre a quantidade de calor transmitido e o tempo gasto nesta transmissão.

4.6 Energia e Potência

As concessionárias de energia elétrica a fornecem para produzirmos trabalhos mecânicos, iluminação, aquecimento, resfriamento e etc.. É possível mensurá-la, mas antes é necessário conhecer as unidades de medida que se aplicam à energia (KESZEI, 2012).

Joule (J) é a unidade de medida utilizada no Sistema Internacional.

Quilowatt-hora (kWh) é a unidade de medida que consta na conta de energia.

Quilocaloria (kcal) é a antiga unidade medida de energia.

British Thermal Unit (Btu) é uma unidade similar à Quilocaloria. Ainda é comumente utilizada para descrever potências de condicionadores de ar.

A potência relaciona a energia com o tempo. Ou seja, significa o quanto de tempo foi despendido para realizar um trabalho. Quando uma máquina tem mais potência comparada a outra, significa que esta realiza mais trabalho no mesmo tempo.

Potência (W) = Energia (J)/Tempo empregado (s)

A medida Watt é a unidade de medida utilizada no Sistema Internacional para descrever a potência que algum equipamento depende para funcionar.

Ao inverter a equação, chega-se a:

Energia (J) = Potência (W) x Tempo empregado (s).

De modo que é possível calcular o quanto de energia gasta-se para manter um equipamento funcionando. Um exemplo disso pode ser dado calculando a energia utilizada para iluminar uma casa. Se forem necessárias 4 lâmpadas de 100 Watts de potência cada para iluminar durante 3 horas essa casa hipotética, tem-se que:

4 lâmpadas x 100 Watts x 3 horas = 1.200 Wh ou 1,2 kWh

Esse valor de 1,2kWh é que será visto na conta de fornecimento de energia. Pode-se comparar essa situação de gasto de energia para iluminar o ambiente com a situação de resfriar ou aquecer um ambiente. Os equipamentos como aquecedores e condicionadores de ar utilizam muita potência para entregar o que se propõem. Por isso, o consumo de energia será muito alto, elevando o valor da conta de energia. Ao se utilizar meios para isolar mais a troca de calor do meio interno com o externo, consome-se menos energia e conseqüentemente tem-se uma conta de energia menos onerosa.

4.7 Condutividade Térmica

A condução de calor é quando este é transferido através do material de uma ponta mais quente até atingir a extremidade mais fria, ou seja, condutividade térmica é a habilidade que um material tem de conduzir calor. Os materiais com condutividade térmica alta são bons condutores de calor e condutividade baixas caracterizam os materiais designados como isolantes, ou maus condutores.

Analisando a nível atômico, os átomos de uma região com temperatura mais alta, possuem, em média, uma energia cinética maior que a dos átomos de uma região vizinha. Essa colisão de átomos com outros átomos vizinhos faz com ocorra transmissão de energia entre eles. Os átomos vizinhos colidem com outros átomos vizinhos, e assim sucessivamente, ao longo de todo o material. Os átomos, em si, não se deslocam, ou seja, ficam numa mesma região. O que é deslocado, a verdade, é sua energia. Os metais possuem, em seu interior, alguns elétrons que se libertam de seus átomos originais e ficam vagando pelo metal, sendo chamados de elétron livres. Estes podem transferir energia rapidamente da região mais quente para a região mais fria do metal, fazendo com que os metais possam ser reconhecidos como bons condutores de calor.

A transferência de calor espontânea será sempre da maior temperatura para a menor temperatura. Na condução, o sentido de transferência de calor é sempre da temperatura maior para a menor.

O primeiro cientista que tentou dar uma cobertura matemática ao estudo da condução de calor foi J.J. Fourier em 1895, inicialmente suas experiências foram bem simples, utilizando paredes de seção reta constante, na

direção onde o fluxo de calor fosse ser escoado e isolando termicamente as faces laterais para assegurar que o fluxo que viesse a ser medido fosse unilateral. (ARAUJO, 1982)

A lei de Fourier (fluxo de calor por condução) propõe que o fluxo de calor q'' é proporcional ao gradiente de temperatura dT/dx . Apesar disso, a proporcionalidade pode ser convertida em uma igualdade pela inclusão de um coeficiente, conhecido como condutividade térmica k , que é uma propriedade termofísica do meio. A lei de Fourier se torna importante para esta pesquisa pois define uma propriedade elementar dos materiais, a condutividade térmica (K).

Para uma ripa de madeira com T_1 e T_2 , sendo T_1 e T_2 as temperaturas nas suas extremidades, temos uma dada quantidade de calor dQ , se esta é transferida num tempo dT , a taxa de transferência de calor pode ser descrita por dQ/dT e esse valor é chamado de H .

A quantidade $(T_1 - T_2)/L$ é a diferença de temperatura por unidade de comprimento; esta razão corresponde ao módulo do gradiente de temperatura. O valor numérico de K corresponde ao valor da condutividade térmica e depende do material utilizado.

Materiais com valores elevados de k são bons condutores de calor; já os materiais com valores menores de k são maus condutores de calor, ou seja, conduzem pouco calor ou são isolantes. A Equação 1 pode ser usada para fornecer a taxa de transferência de calor para fluxo estacionário através de uma chapa, ou de qualquer corpo homogêneo que possua uma seção reta ortogonal à direção do fluxo de calor; L é o valor referente ao comprimento da transferência de calor.

$$H = \frac{dQ}{dT} = ka \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (1)$$

A taxa de transferência de calor H utiliza as unidades de energia por tempo, ou potência; Joules por segundo (1 J/s) ou watt (1 W). Alguns valores de k são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Condutividade térmica de materiais

Substância	k (W/m . K)
<i>Metais</i>	
Alumínio	205,0
Latão	109,0
Cobre	385,0
Chumbo	34,7
Mercúrio	8,3
Prata	406,0
Aço	50,2
<i>Diversos sólidos (valores típicos)</i>	
Tijolo (isolante)	0,15
Tijolo vermelho	0,6
Concreto	0,8
Cortiça	0,04
Vidro	0,8
Isopor	0,027
Madeira	0,12 – 0,04
<i>Gases</i>	
Ar	0,024
Hidrogênio	0,14
Oxigênio	0,023

Fonte: Adaptado de Young e Freedman, 2016

O símbolo Q é utilizado para expressar a quantidade de calor. Quando associada a uma variação infinitesimal de temperatura dT , chamamos essa quantidade de dQ . A quantidade de calor Q necessária para aumentar a

temperatura da massa m de um material de T_1 até T_2 é aproximadamente proporcional à variação de temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$. Ela também é proporcional à massa m do material.

A quantidade de calor depende da natureza do material: para elevar em 1 °C a temperatura do alumínio, é necessário transferir 910 J. Já para elevar em 1 °C a temperatura de um quilograma de água, será necessário transferir uma quantidade de calor igual a 4.190 J. Com todas as relações acima, podemos escrever a Equação 2.

$$Q = mc \Delta T \quad (2)$$

O calor específico (c) pode ser definido como a quantidade de calor necessária para elevar em 1 grau a temperatura de um ambiente, por unidade de massa.

Para uma variação de temperatura infinitesimal dT e uma correspondente quantidade de calor dQ , temos

$$dQ = mc dT \quad (3)$$

Isolando c , obtemos a equação do calor específico:

$$c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT} \quad (4)$$

Analisando as equações acima, quando tivermos Q (ou dQ) e ΔT (ou dT) negativos, significa que o corpo e/ou sistema está liberando calor, ou seja, diminuindo sua temperatura. Já quando ocorre o contrário, significa que o corpo e/ou sistema está recebendo calor, ou seja, sua temperatura está aumentando.

Muitos materiais são isolantes, como o isopor ou a madeira. Por isso, utilizamos isopor para colocar bebidas geladas; conservando a temperatura baixa. Isolantes são materiais que impedem a transferência de calor entre corpos e condutores são materiais que permitem a transferência de calor. É necessária pouca quantidade de calor para aumentar em 1°C a temperatura do alumínio. Analogamente, na cozinha, utilizamos uma panela de alumínio justamente por causa da sua boa transferência de calor. Já uma geladeira, é feita com um material isolante, que impede a transferência de calor para seu interior. Percebemos assim, que os materiais foram sendo adaptados as necessidades humanas.

Os isolantes térmicos mais tradicionais da construção são: isolantes fibrosos (lã de rocha e lã de vidro), poliestireno (expandido ou extrudado), espuma

de poliuretano, concreto celular com 400 kg/m³ e, agregados leves (vermiculita, argila expandida, cinza sinterizada e escória sinterizada)

Nas argamassas, existe uma disparidade grande nos valores de condutividade térmica pois, fatores como: idade, relação água/cimento, tipo de cimento e adições, fração do volume agregado, temperatura e condições de umidade do corpo de prova, incidem diretamente na variação da condutividade térmica. (KIM et al, 2003). Mas os pontos chave deste tipo de variação são a relação água/cimento e tipo de cimento utilizado e adições.

Quando se estuda o isolamento térmico de edificações, é utilizado o conceito de resistência térmica, chamado de R . Sendo a resistência térmica R de uma placa com uma área a , é possível dizer que a taxa de transferência de calor H é dada pela Equação 5:

$$H = \frac{a(T_1 - T_2)}{R} \quad (5)$$

Desse modo, T_1 e T_2 são as temperaturas nos dois lados da placa. Substituindo a Equação 5 na Equação 4, podemos retirar a informação de que:

$$R = \frac{e}{k} \quad (6)$$

Na Equação

(6), e representa a espessura da placa. Comumente, R utiliza a unidade de metro quadrado vezes Kelvin por Watt (1 m² . K/W). É comum encontrarmos na literatura a utilização de unidade de medida como Btu/h, pois esta é amplamente utilizada nos Estados Unidos da América.

Entendendo o valor de R é possível ver o porquê de utilizar paredes duplas, muito comum no hemisfério norte. Ao dobrar a espessura da placa, dobra-se o valor de R . Já quando o material isolante é disposto em camadas, como no caso das alvenarias de vedação, os valores de R são somados de modo que podemos somar os valores de R da argamassa de revestimento e do tijolo cerâmico vazado.

Os fatores fundamentais para levar em conta quando refletimos sobre conforto térmico nas edificações são os fatores climáticos: a insolação, a umidade e a temperatura do ar externo; os fatores humanos: o tipo de uso dado a edificação e o número de ocupantes; e os fatores arquitetônicos: o tipo de iluminação utilizada, os equipamentos e o tipo de fechamento (LAMBERTS et al, 2014). Existem fechamentos translúcidos e opacos, são através desses

fechamentos que se dão as principais trocas térmicas das edificações. Os fechamentos translúcidos são as claraboias e as janelas, onde as trocas podem ocorrer por condução, convecção e radiação. Já nos fechamentos opacos, como as paredes, não ocorre transmissão de calor por radiação, apenas por condução e convecção.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho que a argamassa e a *Muscovita* unidas teriam como dificultadoras de transmissão de calor, para que fosse possível mensurar o valor da condutividade térmica dessa combinação e tentar quantificar o que poderia ser economizado em termos de utilização de energia em construções.

A opção dos materiais e métodos utilizados neste experimento, bem como das variáveis analisadas, foram alinhados a esses objetivos de forma pragmática para que a pesquisa se tornasse viável.

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Transferência de Calor e Massa da Área de Ciências Térmicas e Mecânicas dos Fluidos da UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Ilha Solteira sob a supervisão do Prof. Dr. André Luis Seixlack com o apoio de Ruy Ferrarezi.

5.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados na composição da argamassa foram:

1. Cimento Portland de Alto-Forno (CP III), pois oferece maior impermeabilidade e durabilidade, além de baixo calor de hidratação e alta resistência à expansão, esse tipo também é o mais comum no comércio local, facilitando o experimento (ABCP, 2018);
2. Areia fina (agregado miúdo), ela perde menos água por sucção para o substrato do que argamassas com areia de granulometria mais grossa, por isso foi escolhida para essa combinação;
3. Cal hidratada em pó, a importância da cal na mistura reside em unir os blocos de forma eficiente e duradoura, tanto na etapa de assentamento, quanto na de revestimento, além de promover o melhor preenchimento dos vazios entre os blocos, conferindo maior aderência, a marca escolhida e o tipo foram Cal Prime – Cal Hidratada CH – I, comum na região e com o melhor preço;
4. *Muscovita* em pó, fornecida pela empresa LAMIL em saco de papelão, como os de cimento, com 25 kg; e (5) água.

Outros instrumentos e ferramentas utilizados:

- Balança calibrada e certificado pelo Inmetro da marca Urano;
- Recipientes simples de plástico para medir o peso dos materiais, peso entre 100/150g, que foi desprezado no experimento apresentado na Figura 9;
- Madeira pinus em tábuas de 3m;
- Lona terreiro em plástico 4x100m;
- Trena STARRETT, modelo KTS34-5ME-S 19mmx5m;
- Martelo marca Tramontina, modelo Carpinteiro Master 25mm;
- Prego com cabeça 15x15 Marca ArcelorMittal;
- Serrote padrão, marca Tramontina, modelo Utility 20”;
- Masseur Plástica 2,12m X 1,12m - 500 Litros, Marca Rotosis;
- Enxada Marca Tramontina, com cabo de madeira de 145cm e largura de 24cm e;
- Colher de pedreiro 8” quadrada, Fabricante Monfort.

Alguns materiais podem ser vistos na Figura 9:

Figura 9 – Balança e pote de plástico usados no experimento



Fonte: o Autor, 2020.

5.1.1 Módulo que mede a condutividade térmica localizado em Ilha Solteira/SP

Módulo experimental construído pelo então aluno Ruy Ferrarezi com a orientação do Prof. Dr. André Luiz Seixlach em 2005 na UNESP, Câmpus de Ilha Solteira.

5.2 MÉTODOS

5.2.1. Confeção dos corpos de prova

Em um primeiro momento, foram confeccionados moldes de argamassa para serem utilizados nos ensaios realizados no laboratório. Para que fosse possível a utilização no equipamento, os corpos de prova deveriam ser de tamanho 30,0 cm x 30,0 cm com 3,0 cm de espessura; a espessura de 3,0 cm foi escolhida por ser a espessura utilizada na argamassa aplicada nas construções de modo geral.

A proporção utilizada para a confecção da argamassa foi a que é comumente utilizada pelo mercado da construção civil sendo 1:2:10 independentemente da densidade, ou seja, para uma unidade de cimento, tem-se:

Duas unidades de cal hidratada em pó.

Dez unidades de areia fina.

Isso significa que se for utilizado na produção da argamassa um quilograma de cimento, deve-se adir dois quilogramas de cal hidratada e dez quilogramas de areia fina.

A relação água/cimento utilizada variou entre 10% e 25%, o que indica a quantidade de água utilizada em relação à quantidade de cimento utilizada. Por exemplo: na argamassa com relação água/cimento 10%, para cada quilograma de cimento, utilizou-se 100 miligramas de água. Essa variação (10 a 25%) deu-se por causa da trabalhabilidade da argamassa. Ao misturar os materiais e a *muscovita*, notou-se que, mantendo a relação água/cimento em 10%, seria insuficiente para um bom desenvolvimento do trabalho, portanto foi de suma importância ajustar a quantidade de água na mistura.

A *muscovita* foi adicionada em quantidades entre 10% e 30% do total do peso da argamassa, ou seja, somados os pesos de cimento, areia fina e cal hidratada. Desse modo, foram confeccionados oito corpos de prova sendo:

- Dois corpos de prova compostos por cimento, areia fina, cal hidratada e 10% de água (água/cimento)
- Dois corpos de prova compostos por cimento, areia fina, cal hidratada, 10% de *muscovita* e 15% de água (água/cimento)
- Dois corpos de prova compostos por cimento, areia fina, cal hidratada, 20% de *muscovita* e 20% de água (água/cimento) e,
- Dois corpos de prova compostos por cimento, areia fina, cal hidratada, 30% de *muscovita* e 25% de água (água/cimento)

Para entender melhor, é possível exemplificar que para uma argamassa de um quilograma de cimento, dois quilogramas de cal hidratada e dez quilogramas de areia fina, foi utilizado 1,3 quilogramas de *muscovita*, ou seja, 10% do total do peso da argamassa. As outras proporções seguiram a mesma matemática.

Todos os materiais foram pesados em balança calibrada e preparados em uma masseira para obter uma mistura homogênea que posteriormente foi colocada no molde.

O molde consiste em chapas de madeiras montadas de forma que a placa de corpo de prova tenha a medida de trinta centímetros de largura, trinta centímetros de altura e três centímetros de profundidade. Para evitar a aderência da argamassa à madeira, foram utilizados pedaços de lona colocados entre a madeira e a argamassa vistos na Figura 10 e na Figura 11.

Figura 10 – Montagem das chapas de madeira



Fonte: O Autor, 2020.

Figura 11 – Colocação das lonas nos moldes



Fonte: O Autor, 2020.

Após a mistura dos materiais na masseira, uma colher de pedreiro foi utilizada para colocar a argamassa no molde e para nivelar sua superfície buscando obter os corpos de prova padronizados, como mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Corpos de prova no molde.



Fonte: O Autor, 2020.

O cimento requer um período de aproximadamente 28 dias para sua cura (secagem), para adquirir suas propriedades desejadas. Portanto, as amostras ficaram 28 dias secando e após este período foram levadas ao laboratório para que os testes fossem realizados no módulo montado na UNESP de Ilha Solteira/SP.

5.2.2 Equipamento utilizado

O equipamento utilizado é um módulo experimental fundamentado no projeto apresentado por Obert e Gyroog (1976) e no procedimento do ANSI/ASTM C 177-76, segundo os estudos de Ferrarezi e Seixlach (2005). O equipamento foi construído na oficina do DEM - Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP – Ilha Solteira em 2005 e mede a transmissão de calor e a condutividade térmica de materiais sólidos.

O procedimento usual é formar três camadas, sendo elas compostas por: uma placa quente, um corpo de prova em forma de placa plana e uma placa fria. Essa formação produz condições que resultam num fluxo de calor que atravessa a amostra unidirecional. A condutividade térmica pode ser calculada pela medição do fluxo de calor e pelo gradiente médio de temperatura ao longo da amostra, segundo os estudos realizados por Ferrarezi e Seixlach (2005).

5.2.3 Realização do experimento

O corpo de prova produzido é colocado entre a placa aquecida e entre a placa fria, isso cria uma diferença de temperatura ($T_1 - T_2$) nos dois lados, medida por meio de termopares. Manter a temperatura da placa quente uniforme requer um consumo de energia constante, criando um fluxo de calor. Essa geração de calor é advinda da dissipação de energia elétrica numa resistência embutida na placa quente. Na Figura 13, mostra-se um esquema da montagem do equipamento.

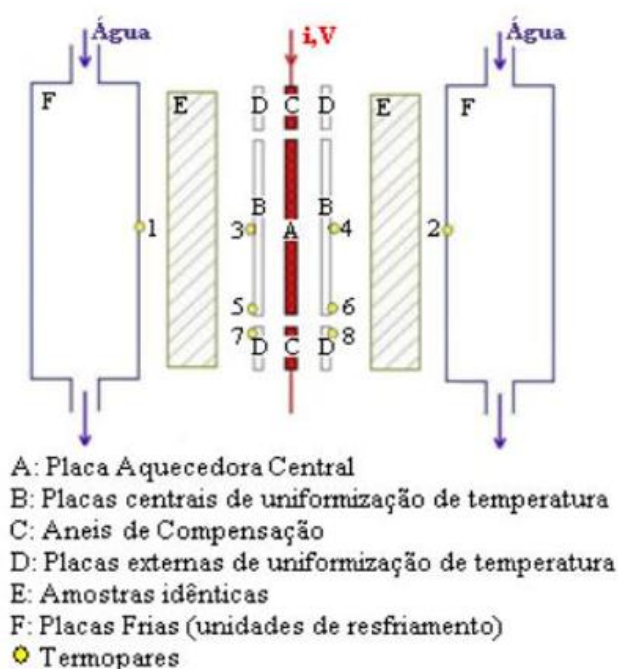
Foi realizada então uma montagem simétrica de duas amostras idênticas, medindo 300 x 300 mm, com espessura inferior a 50 mm, e duas placas frias de forma que o calor gerado seja dividido em duas partes iguais. O resfriamento das placas frias é realizado por água. Estas possuem serpentinas internas que fazem a passagem da água, para a troca de calor. A distribuição simétrica de temperatura é obtida pelo controle da vazão de água em cada serpentina, utilizando-se um banho termostático. Para compensar a perda de calor lateral nas placas e amostra, a placa aquecedora é dividida em duas partes: um núcleo e em um anel externo, possuindo cada um seu próprio aquecedor

independente. O calor é controlado de acordo com a voltagem de alimentação em cada resistência.

Para evitar a perda de calor lateral pelo núcleo, a temperatura deve ser igual nas superfícies da amostra e nas regiões de contato com o anel e com o núcleo. A igualdade de temperatura estabelecida garante o fluxo de calor unidimensional e evita-se a perda de calor lateral pelo núcleo.

Oito termopares do tipo T (cobre-constantan) são utilizados para medir as temperaturas, um para cada lado das amostras. Destes oito, metade é utilizada para medir a diferença de temperatura entre o núcleo e o anel, sendo dois de cada lado. Dentre os dois, um localiza-se na periferia da placa aquecedora central e o outro no anel de compensação. Os termopares dispostos no centro das placas centrais de sustentação e uniformização de temperatura (B) na Figura 13, medem as temperaturas de um dos lados de cada amostra. Na mesma Figura 13, é possível visualizar os quatro termopares instalados em (B) e (D) que são utilizados para calcular a diferença de temperatura entre essas duas placas. Esse valor que deve ser o mais próximo de zero possível. O banho termostático e a serpentina de resfriamento permitem o escoamento e o controle da temperatura da água ao longo das serpentinas de resfriamento das placas frias.

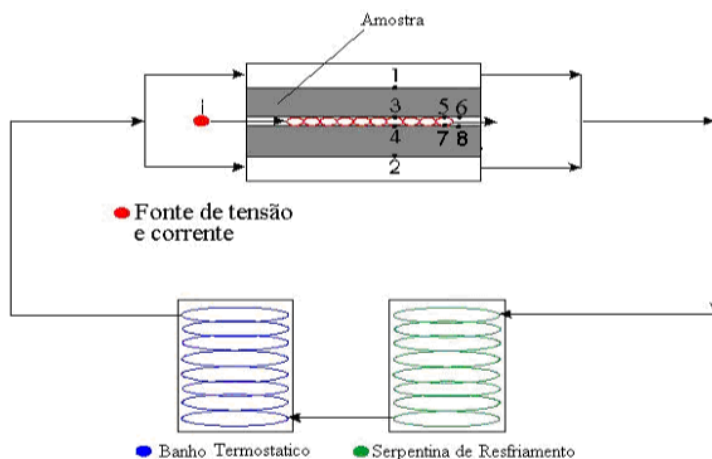
Figura 13 – Esquema da montagem do dispositivo com placa quente compensada.



Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

É possível entender a montagem do equipamento analisando a Figura 14. Esta mostra um esquema geral da montagem do equipamento.

Figura 14 – Esquema geral da montagem do equipamento.

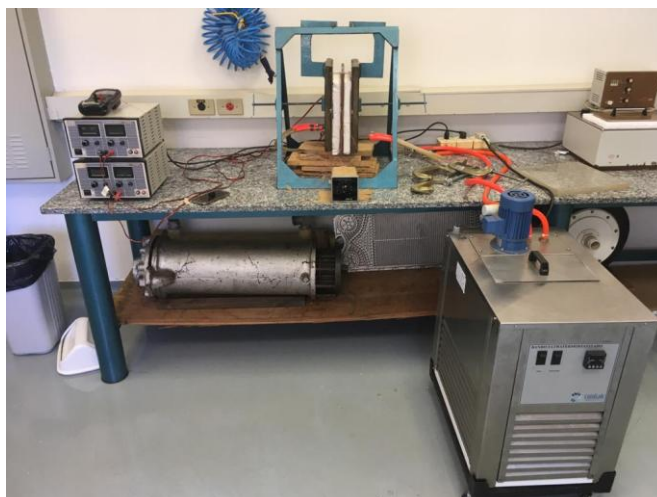


Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

Para avaliar a capacidade de diminuição da transmissão de calor da argamassa foi realizado experimento para verificação e comparação da transmissão de calor da argamassa. A amostra foi aquecida num ambiente com temperatura de 35 °C até chegar ao equilíbrio térmico.

O experimento foi realizado utilizando as oito placas de argamassa de mesmo formato e espessura. As amostras foram levadas ao equipamento para este realizar as medições. O equipamento pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 – Esquema geral da montagem do equipamento.



Fonte: O autor, 2020

Utilizando a Equação 1, pode-se explicitar a constante k , gerando a Equação 7. Nesta equação, A_t é a área transversal da seção do núcleo (196 mm x 196 mm) e L é a espessura das amostras ($L=30$ mm):

$$k = \frac{q_x L}{A_t (T_1 - T_2)} \quad (7)$$

Contudo, não é sabido o valor de q_x . Para obter o valor de q_x , utiliza-se a Equação 8 abaixo:

$$q_x = \frac{EI}{2} \quad (8)$$

Na Equação 8, q_x é a taxa de transferência de calor através de cada amostra, expressa em Watts; E é a voltagem do núcleo, expressa em Volts; I é a corrente no núcleo, expressa em Amperes.

Para o cálculo da condutividade térmica, foi utilizada a tensão do núcleo 15,0V, corrente do núcleo 0,33A. Resolvendo a Equação 8, temos que:

$$q_x = \frac{15,0 \times 0,33}{2} = 2,475W \quad (9)$$

As temperaturas marcadas nos termopares podem ser calculadas utilizando a Tabela 7 de conversão de temperaturas.

Tabela 7 – Conversão de temperaturas e incerteza.

Termopar	Curva de calibração	Incerteza (°C)
1	$T_1(^{\circ}\text{C}) = 3,2 + 22,6 E$ (mV)	0,5
2	$T_2(^{\circ}\text{C}) = 3,1 + 22,5 E$ (mV)	0,5
3	$T_3(^{\circ}\text{C}) = 3,1 + 22,5 E$ (mV)	0,5
4	$T_4(^{\circ}\text{C}) = 3,1 + 22,5 E$ (mV)	0,5
5	$T_5(^{\circ}\text{C}) = 2,4 + 23,0 E$ (mV)	0,5
6	$T_6(^{\circ}\text{C}) = 2,5 + 23,0 E$ (mV)	0,5
7	$T_7(^{\circ}\text{C}) = 2,3 + 23,1 E$ (mV)	0,5
8	$T_8(^{\circ}\text{C}) = 2,2 + 23,1 E$ (mV)	0,5

Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

As curvas de calibração foram obtidas utilizando temperaturas de 30 até 95 °C, utilizando um banho termostático e um termômetro de bulbo de mercúrio, com resolução de 0,1 °C, como instrumento de referência. Os valores experimentais foram medidos nessa faixa variando-se a temperatura de 5 em 5 °C e anotando-se os respectivos valores da tensão (mV).

A calibração dos oito termopares utilizados para fazer a medição das temperaturas foi efetuada realizando a leitura das tensões correspondentes às temperaturas. Realizou-se então a leitura de tensões para cada temperatura na faixa de 30 até 95 °C, variando-se a temperatura de 5 em 5 °C. Utilizou-se um termômetro de bulbo de mercúrio, com resolução de 0,1 °C, como instrumento de referência. Portanto, as curvas para calibração dos termopares são apresentadas no ANEXO E.

6. RESULTADOS

Os resultados das medições no aparelho são apresentados na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8 – Resultado das medições nos termopares.

Amostra	Tensão nos termopares (mV)			
	E1	E2	E3	E4
0% de <i>muscovita</i> 10% de H ₂ O	1,48	1,48	1,63	1,63
10% de <i>muscovita</i> 15% de H ₂ O	1,54	1,54	1,76	1,76
20% de <i>muscovita</i> 20% de H ₂ O	1,53	1,53	1,74	1,74
30% de <i>muscovita</i> 25% de H ₂ O	1,50	1,50	1,65	1,65

Fonte: O autor, 2020

Substituindo os valores das tensões na Tabela 7 de conversão de temperaturas, são apresentadas as temperaturas na Tabela 9 abaixo:

Tabela 9 – Resultado das medições das temperaturas.

Amostra	Temperaturas (°C)			
	T1	T2	T3	T4
	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5
0% de <i>muscovita</i> 10% de H ₂ O	36,6	36,4	39,7	39,9
10% de <i>muscovita</i> 15% de H ₂ O	38,0	37,7	42,7	42,8
20% de <i>muscovita</i> 20% de H ₂ O	37,7	37,5	42,2	42,3
30% de <i>muscovita</i> 25% de H ₂ O	37,1	36,8	40,2	40,3

Fonte: O autor, 2020

Substituindo os valores na Equação 7, têm-se então os seguintes resultados apresentados na Tabela 10 abaixo.

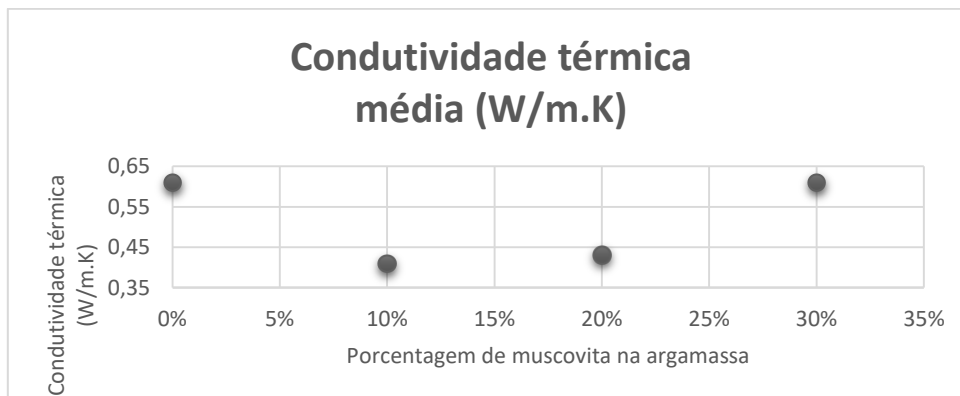
Tabela 10 – Resultado das condutividades térmicas.

Amostra	Diferença de temperaturas (°C)		K [W/m.K]		K [W/m.K] médio
	T3 – T1 ± 0,5	T4 – T2 ± 0,5	3 – 1	4 – 2	
0% de <i>muscovita</i> 10% de H ₂ O	3,1	3,5	0,61	0,55	0,58
10% de <i>muscovita</i> 15% de H ₂ O	4,7	5,1	0,41	0,38	0,40
20% de <i>muscovita</i> 20% de H ₂ O	4,5	4,8	0,43	0,40	0,41
30% de <i>muscovita</i> 25% de H ₂ O	2,9	3,3	0,61	0,55	0,58

Fonte: O autor, 2020

A Figura 16 apresenta um gráfico com a condutividade térmica de acordo com a porcentagem de *muscovita* na argamassa para a diferença entre T3 e T1.

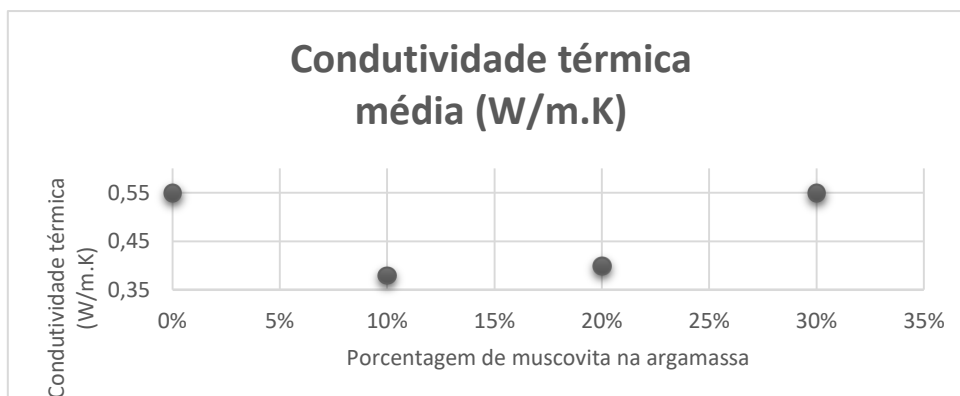
Figura 16 – Condutividade térmica vs. porcentagem de *muscovita* para a diferença entre T3 e T1.



Fonte: O Autor, 2020.

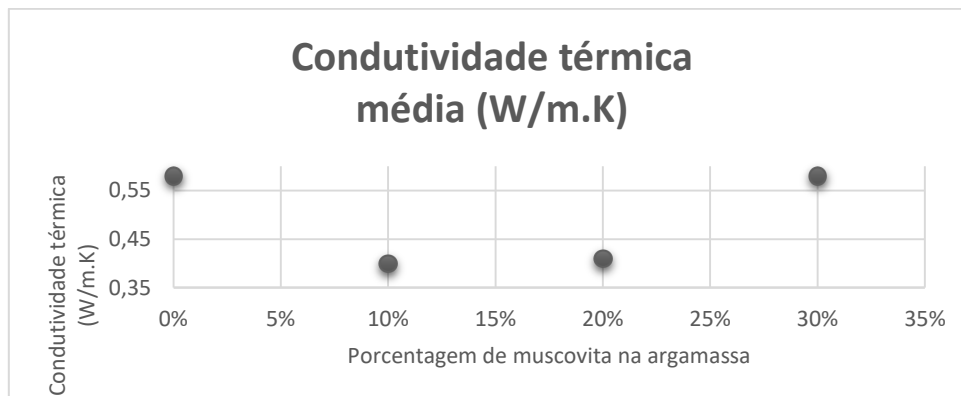
A Figura 17 apresenta um gráfico com a condutividade térmica de acordo com a porcentagem de *muscovita* na argamassa para a diferença entre T4 e T2.

Figura 17 – Condutividade térmica vs. porcentagem de *muscovita* para a diferença entre T4 e T2.



Fonte: O Autor, 2020.

A Figura 18 apresenta um gráfico com a condutividade térmica de acordo com a porcentagem de *muscovita* na argamassa.

Figura 18 – Condutividade térmica vs. porcentagem de *muscovita*.

Fonte: O Autor, 2020.

O desvio padrão dos resultados é mostrado na Tabela 11 abaixo. O experimento apresenta um desvio padrão baixo, próximo de 0. Portanto, o estudo pode ser considerado confiável.

Tabela 11 – Resultado das condutividades térmicas.

Amostra	Desvio padrão
0% de <i>muscovita</i> 10% de H ₂ O	0,042
10% de <i>muscovita</i> 15% de H ₂ O	0,021
20% de <i>muscovita</i> 20% de H ₂ O	0,021
30% de <i>muscovita</i> 25% de H ₂ O	0,042

Fonte: O autor, 2020

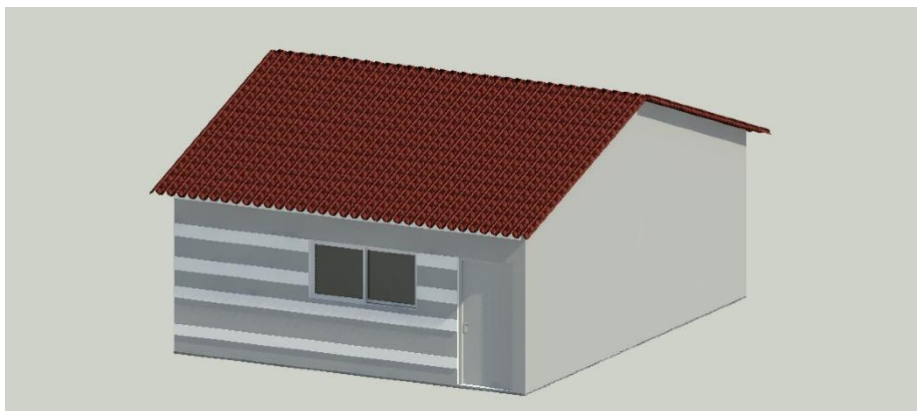
Se idealizarmos um cenário corriqueiro no sudeste do país, podemos ter temperaturas de aproximadamente 30°C externamente e 23° C internamente.

Utilizando essas temperaturas como modelo, podemos fazer os seguintes cálculos para verificar a diferença de fluxo de calor. Percebemos aqui que somente alterando o valor da condutividade térmica, vamos alterar a quantidade de fluxo de calor.

Utilizando como parâmetro uma construção residencial de 49,90m², com pé direito de 2,70m. Como ferramenta de auxílio, empregaremos o software BIM REVIT para dimensionar as áreas de aplicação das argamassas externas. Como demonstrado na Figura 19 e

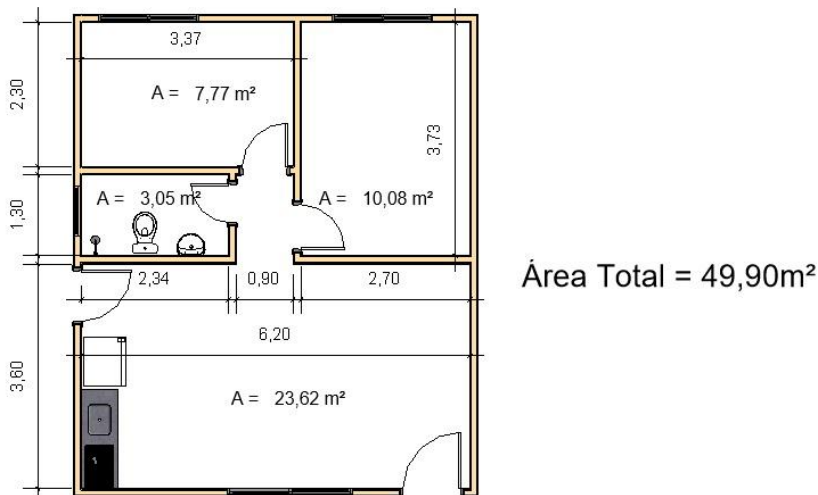
Figura 20 abaixo:

Figura 19 – Perspectiva da residência



Fonte: O autor, 2020

Figura 20 – Planta baixa da residência



Fonte: O autor, 2020

O resultado da área externa da construção fornecido pelo REVIT pode ser analisado conforme a Tabela 12 abaixo:

Tabela 12 – Área das paredes externas da residência.

Parede Frente	23,38	m ²
Parede lateral direita	12,56	m ²
Parede Fundos	25,9	m ²
Parede Lateral esquerda	12,91	m ²
Total de emboço	74,75	m²

Fonte: O autor, 2020

Calculando conforme os dados obtidos pelo software, o fluxo de calor resultante para uma argamassa com espessura de 0,03 m pode ser demonstrado abaixo:

Para “0% de *muscovita*; 10% de H₂O” – K = 0,58 W/m.K ;

$$H = \frac{dQ}{dT} = ka \frac{T_1 - T_2}{L} = \frac{0,58 \text{ W/m.K} \cdot 74,75 \text{ m}^2 \cdot (303\text{K} - 296\text{K})}{0,03 \text{ m}}$$

$$= 10.116,17 \text{ W ou J/s}$$

Para “10% de *muscovita* ; 15% de H₂O” – K = 0,40 W/m.K ;

$$H = \frac{dQ}{dT} = ka \frac{T_1 - T_2}{L} = \frac{0,40 \frac{W}{m} \cdot K \cdot 74,75 m^2 \cdot (303K - 296K)}{0,03 m}$$

$$= 6.976,67 W \text{ ou } J/s$$

Ou seja, temos um fluxo de calor 31,03% menor na argamassa com *muscovita*, se comparada à argamassa tradicional. Portanto, utilizamos 31,03% menos máquinas como condicionadores de ar para manter a temperatura adequada.

De acordo com a tabela de consumo de energia da Procel (Eletrobras) no Anexo D, o uso de AR CONDICIONADO TIPO SPLIT MENOR OU IGUAL A 10.000 BTU por 30 dias, sendo 8 h por dia, tem um gasto de 142,288 KW.h mensal para os quartos da habitação. Pela conta de energia no Anexo A, temos um custo aproximado de R\$0,93 / KW.h. Para esse equipamento, temos um custo mensal de 142,288 KW.h x R\$0,93 / KW.h = R\$132,92 / mês. Como são 2 aparelhos iguais nos 2 quartos, multiplicamos por 2 esse resultado: R\$132,92 / mês x 2 = R\$ 265,84/ mês.

De acordo com a tabela de consumo de energia da Procel (Eletrobras) no Anexo D, o uso de AR CONDICIONADO TIPO SPLIT DE 10.001 A 15.000 BTU por 30 dias, sendo 8 h por dia, tem um gasto de 193,760 KW.h mensal para sala/cozinha da habitação.

Pela conta de energia no Anexo A, temos um custo aproximado de R\$0,93 / KW.h². Para esse equipamento, temos um custo mensal de 193,760 KW.h x R\$0,93 / KW.h = R\$181,00 / mês. No total dessa residência então, teríamos R\$ 265,84 / mês + R\$181,00 / mês = R\$446,84 / mês

Utilizando a argamassa com *muscovita*, teríamos um gasto 31,03% menor, ou seja, o custo com energia/mês seria R\$ 308,17. Uma economia de R\$ 138,68.

O mesmo podemos dizer se usássemos aquecedores. De acordo com a tabela de consumo supracitada, um aquecedor de ambientes utilizado por 30 dias consome 386,88 KW.h por mês. Se cada ambiente tiver um aparelho desse, o consumo mensal das 4 unidades será 1.547,52 KW.h. O custo desses equipamentos será R\$ 1.445,65. Uma redução de 31,03% equivale a uma redução de R\$ 448,58.

² Lembrando que esse custo depende da bandeira referente aos dias do mês, verde, amarela ou vermelha.

O custo da água pode ser visto no ANEXO B e a conversão de peso para volume no ANEXO C.

O custo da confecção da argamassa, utilizando o traço sem *muscovita*, com a proporção 1:2:10 – 10% de H₂O, pode ser observado na Tabela 13:

Tabela 13 – Custo da argamassa de revestimento sem *muscovita*.

Proporção	Material	Volume (m ³)	Massa Especifica (kg/m ³)	Em peso(kg)	Preço(R\$) Unit.	Preço(R\$) total
1,00	cimento	0,17	1.200,00	205,42	0,72 / Kg	147,90
2,00	Cal	0,34	1.700,00	582,02	2,38 / Kg	1.385,21
10,00	Areia	1,71			170,00 / m ³	291,01
0,10	Água	0,02			16,54 / m ³	0,28
13,10	Total	2,24				1.824,41

Fonte: O autor, 2020

Temos um custo total de R\$1.824,41 para emboçar as paredes externas com essa argamassa.

Já para a argamassa com *muscovita*, teremos na proporção 1:2:10 – 15% de H₂O e 10% de *muscovita*, os seguintes valores na Tabela 14:

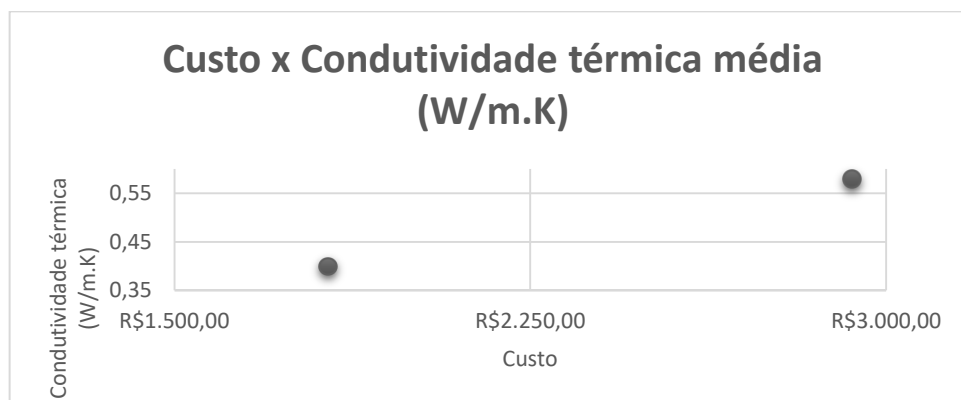
Tabela 14 – Custo da argamassa de revestimento com 10% de *muscovita*.

Proporção	Material	Volume (m ³)	Massa Especifica (Kg/m ³)	Em peso(Kg)	Preço(R\$) Unit.	Preço(R\$) total
1,00	cimento	0,15	1.200,00	184,17	0,72 / Kg	132,61
2,00	cal	0,31	1.700,00	521,83	2,38 / Kg	1.241,95
10,00	areia	1,53			170,00 / m ³	260,91
0,15	água	0,02			16,54 / m ³	0,38
0,10	Muscovita	0,22	2.800,00	627,90	2,06 / Kg	1.292,85
13,25	total	2,24				2.928,70

Fonte: O autor, 2020.

Temos um custo total de R\$2.928,70 para emboçar as paredes externas com essa argamassa. Um custo de R\$ 2.928,70 – R\$ 1.824,41 = R\$ 1.104,29 a mais para utilizar a argamassa com *muscovita*, ou seja, 60,53% a mais. A diferença custo x condutividade térmica pode ser vista na Figura 21 abaixo.

Figura 21 – Condutividade térmica vs. porcentagem de *muscovita*.



Fonte: O Autor, 2020.

Considerando o gasto mensal de R\$138,68 a menos com ar condicionado, seria necessário: R\$ 1.104,29 de custo / R\$138,68 / mês = 7,96 meses para retornar o investimento. Isso também significa um aumento de 60,53% no custo da argamassa.

Para o aquecedor, o investimento retornaria em menos tempo: R\$ 1.104,29 de custo / R\$ 448,58/ mês = 2,46 meses

O custo de construção de uma residência deste tipo na região de Marília/SP é aproximadamente R\$ 94.993,19. O custo da argamassa de revestimento externo é em torno de 3,08% do total. Portanto 60,53% de aumento neste item não representa um aumento significativo para o total da construção.

Aumentar o custo com a argamassa adicionada de *muscovita* representa um aumento de 1,16% no total do custo. E o revestimento externo apresenta uma diminuição para 3,05% do total.

7. CONCLUSÕES

Com os dados obtidos, é possível concluir que a *muscovita* cumpre o seu papel de diminuir a condutividade térmica da argamassa. Na primeira amostra, contendo 0% de *muscovita*, o resultado foi uma condutividade térmica média de valor igual a 0,58 W/m.K. A segunda e terceira amostra, contendo 10% e 20% respectivamente, tiveram resultados muito próximos (0,40 W/m.K e 0,41W/m.K). Por fim, a amostra contendo 30% de *muscovita* apresentou condutividade térmica igual a 0,58 W/m.K.

Assim, foi possível afirmar que a incorporação da *muscovita* à argamassa de cimento, areia, cal e água diminui a condutividade térmica. As amostras com 10% e 20% de *muscovita* tiveram praticamente o mesmo valor, podendo ser dito que incorporar 10% é suficiente para reduzir aproximadamente em 45% o valor da condutividade térmica em relação a amostra com 0% de *muscovita*.

A amostra com 30% apresentou um resultado discrepante que pode ser explicado por um erro de posicionamento das placas, erro de leitura no sistema (pouco provável) e/ou um aumento da quantidade de água na argamassa. A água possui um alto valor de condutividade térmica. O seu aumento considerável na composição explicaria essa condutividade térmica elevada, comparada às amostras com 10% e 20% de *muscovita*. Essa questão deve ser discutida em outra oportunidade, aprofundando o estudo do efeito do aumento de água na composição com o aumento da condutividade térmica.

Por fim, a amostra com 10% de *muscovita* se mostra promissora para o mercado da construção civil. Não requer muito material, o que significa um aumento pequeno no custo, e reduz muito a condutividade térmica da argamassa. Isso pode ser considerado muito útil no mercado da construção civil.

Essa redução traduz-se em menos energia despendida para se chegar ao conforto térmico. Incorporar a *muscovita* às argamassas significará utilizar menos ar condicionado ou aquecedores, representando uma economia em longo prazo. A redução da energia também significa menos poluição no planeta, mantendo o nosso ecossistema saudável.

A possibilidade de atingir um desempenho positivo e inserir esse tipo de tecnologia no mercado da construção civil, em especial o das habitações populares, é extremamente empolgante. Com a comprovação do desempenho da argamassa unida a *muscovita* em relação a diminuição da condutividade térmica, pode ser possível utilizar esse tipo de revestimento em uma escala relativamente larga e trazer benefícios em relação ao custo energético de manter o conforto térmico, uma vez que isso possibilita a utilização de menos equipamentos para atingir uma temperatura ambiente confortável.

De acordo com os resultados obtidos podemos contemplar certo otimismo em relação ao uso da *muscovita*, primeiro por ela ser sim um dificultador da transmissão de calor e por, quando adicionada a argamassa, proporcionar oportunidades de economia energética na construção.

Além da vantagem para os usuários de ser uma opção mais econômica na questão da conta de energia, também se apresenta como uma via com vantagens para o meio ambiente, por proporcionar a diminuição do uso de aparelhos de ar condicionado/aquecedores e maior conforto térmico.

A escolha de materiais com menor condutividade térmica, como a *muscovita*, favorece não só as condições de conforto e de saúde dos habitantes de uma edificação, mas também uma considerável redução no consumo de energia. Ao longo do tempo, vimos a sociedade acelerar seus processos de consumo e de transformação e a energia foi uma das variáveis mais pressionadas, por isso a busca por novos materiais, novos usos e uma nova consciência energética. De fato, a sociedade como um todo depende disso.

Ao contemplar este resultado, nota-se que este tipo de pesquisa é extremamente importante e por isso não se finda aqui, abrindo cada vez mais possibilidades para impulsionar o uso inteligente dos materiais na construção civil.

Após a pesquisa vê-se a necessidade de dar continuidade à análise, com proposições de alguns acréscimos e alterações:

- Estudo com adição de outros materiais alternativos;
- Analisar a degradação deste tipo de argamassa adida de *muscovita*;
- Analisar a resistência mecânica, a trabalhabilidade e aderência deste tipo de argamassa;
- Considerar a condutividade elétrica da argamassa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. (2002) **Manual de revestimentos de argamassa**. 1. ed. São Paulo, SP, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

ABNT. (1990) **Aglomerantes de origem mineral - Terminologia**, NBR 11172, Rio de Janeiro, RJ, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

_____. (2003). NBR 15220-1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.

_____. (2005) NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro.

_____. (2003) NBR 15220-5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluxiométrico. Rio de Janeiro.

_____. (2011) **Agregados - Terminologia**, NBR 9935, Rio de Janeiro, RJ, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

_____. (2006) **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento**, NBR 12655, Rio de Janeiro, RJ, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

AÍÁ, L. L. M; SABBATINI F. H. (2001) **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa**. 2 ed. São Paulo: O nome da Rosa. 82 p.

ALEXANDROV K.S., RYZHOVA T.V., (1961) **Elastic properties of rock-forming minerals II. Layered silicates**. USSR Academy of Science, Geophysics., Vol. 9, pp. 165-1168.

ALVAREZ, J.; SEQUEIRA, C.; COSTA, M. (2005) **Ensinaamentos a retirar do passado histórico das argamassas**. 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa.

ANSI/ASTM C 177-76 – **Standard Test Method for Steady-State thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate**, 1976.

ARAUJO, Celso de. (1982) **Transmissão de calor**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC.

ASHRAE (2004) **ASHRAE Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ANSI/ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.

BAFFA, O. et al.; (1986) **Thermal diffusivity of dental cements**. Australian Dental Journal, Australia; v. 31(4).

BALARD H, AOUADJ O, PAPIRER E.; (1997) **Monitoring, by inverse gas chromatography, of the variation of the surface energetic heterogeneity of ground muscovite samples**, Langmuir; 13:1251-1255.

BALTAR, C. A. M.; SAMPAIO, J. A.; CAVALCANTE, P. M. T. Mica. **Rochas e Minerais Industriais**: Usos e Especificações, Adão B. Luz e Fernando Lins (Editores), v. 1, p. 648-661, 2ª Edição, CETEM/MCT, 2008.

BARLOW S. G., MANNING A. C.,(1999) **Influence of time and temperature on reactions and transformations of muscovite mica**. British Ceramic Transactions; 98 (3):122-126.

BARROS, M.M.S.B; MACIEL, L.L.; SABBATINI, F.H. (1998) **Recomendações para execução de revestimento de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. Apostila. São Paulo.

BORODINA, N. S., & FERSHTATER, G. B. (1988). **Composition and Nature of Muscovite in Granites**. International Geology Review, 30(4), 375–381.

BRASIL (DNPM) (2014) **Sumário mineral 2014**. p.141. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>.

BURT, D.M. (1991) **Vector representation of lithium and other mica compositions**. Pp. 113-129 in: Progress in Metamorphic and Magmatic Petrology (L.L. Perchuk, editor), Cambridge University Press, Cambridge, UK. Černý,

CAGNON H., AUBER J.E. t, COUTAND M., MAGNIONT C.,(2014) **Hygrothermal properties of earth bricks, Energy and Buildings**.

CARASEK, H. Argamassas. (2010) **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 5ª Edição, Volume 2: Ed. Geraldo C. Isaia. São Paulo: IBRACON.

CINTRA, Cynthia Leonis Dias. (2014). **Argamassa para revestimento com propriedades termoacústicas, produzida a partir de vermiculita expandida e borracha reciclada de pneus**. 154 p. Tese. (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 2014.

CINTRA, C. L. D.; PAIVA, A. E. M.; BALDO, J. B.. (2014) **Argamassas de revestimento para alvenaria contendo vermiculita expandida e agregados de borracha reciclada de pneus - Propriedades relevantes**. Cerâmica, São Paulo, v. 60, n. 353, p. 69-76, Mar.

CORBELLA, O.; YANNAS, S.. (2003) **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos - conforto ambiental**. 1ed. Rio de Janeiro: Ed. Revan.

COSTA, F.P. (2009), **Produção e Caracterização de Compósito de Vidro Feldspático-Muscovita para Prótese Dentária**. Exame de Qualificação ao Mestrado, PEMM/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CRAIG, R.G., POWERS, J.M., (2004), **Materiais Dentários Restauradores**, 11 ed., Livraria Editora Santos, capítulo 18.

DA ROSA, C. T. W. et al. (2016) **Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 292-305, abr.

DAO K., OUEDRAOGO M., MILLOGOA Y., AUBERT J., GOMINA M., (2018) **Thermal, hydric and mechanical behaviours of adobes stabilized with cement**, Construction and Building Materials, França, v. 158, p. 84-96.

DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMAN J. (1996) **Minerais constituintes das rochas**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 556pp.

DEMTRÖDER, W. (2017) **Mechanics and Thermodynamics**. Springer, Alemanha, 459pp.

DE POEL, W., PINTEA, S., DRNEC, J., Carla, F., FELICI, R., MULDER, P. VLIEG, E. (2014). **Muscovite mica**: Flatter than a pancake. Surface Science, 619, 19–24.

FERNANDES, C. M. D., TEIXEIRA, N. P., BORGES, R. M. K., BETTENCOURT, J. S.. (2016) **Química mineral da muscovita de rochas graníticas e greisens da suíte intrusiva Velho Guilherme, província estanífera do sul do Pará**. Revista Brasileira de Geociências, Brasil, v. 36, n. 1, p. 26-33, março.

FERREIRA, Camila Carvalho; SOUZA, Henor Artur de; ASSIS, Eleonora Sad de. (2017) Discussão dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos segundo as normas de desempenho térmico brasileiras. **Ambient. constr.**, Porto Alegre , v. 17, n. 1, p. 183-200, Mar.

FERREIRA, Osny Pellegrino; SOUZA, L C L. (1991) Condutividade térmica e calor específico da argamassa de cimento para uso em argamassa armada. **Anais**. Porto Alegre: Ufrgs.

FERRAREZI, R. B., SEIXLACK, A. L., (2005) **Determinação da Condutividade Térmica de Materiais Sólidos Usando um Dispositivo de Placa Quente Compensada**. 2005. 30 p. Iniciação Científica - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira Departamento de Engenharia Mecânica, Área de Ciências Térmicas, Universidade Estadual Paulista.

FIGUEIREDO, C. M. de, **Ventilação Natural em Edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo: Limites e Possibilidades do Ponto de Vista do Conforto Térmico**. 2007. 221 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2007.

FOOKES, P. G. & REVIE, W. A. (1982) **Mica in concrete- a case history from Eastern Nepal**. Concrete (Journal of the Concrete Society), v. 16, p. 12-16.

FOSTER M.D. (1960) **Interpretation of the composition of trioctahedral micas**. U.S.Govt.Print.Off Washington, 354pp.

FROTA, A. B. et al. (2001). **Manual de conforto térmico**. 5ª Edição. São Paulo.

HARRISON, T.N. (1990) **Chemical variation in micas from the Cairngorm pluton**.,Scotland. Mineral. Magaz., 54:355-366.

HAWTHORNE, F.C.; CEMY. P. (1982) **The mica group. Mac short course handbook**. In: P.Cemy (ed.) MAC Short course in Granitic Pegmatitictn Science and Industry, 8,pp.:63-98.

HIRASHIMA, S. Q. DA S. (2014) **Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte – MG** , Brasil. São Paulo, 2014. 248f. Tese (Doutorado em arquitetura e urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

JORDENS, A., MARION, C., GRAMMATIKOPOULOS, T., & WATERS, K. E. (2016). **Understanding the effect of mineralogy on muscovite flotation using QEMSCAN**. International Journal of Mineral Processing, 155, 6–12.

KESZEI, E. (2012) **Chemical Thermodynamics: An Introduction**, Springer, Alemanha, 362pp.

KIM, K.; JEON, S.; KIM, J. YANG, S. (2003) An experimental study on thermal conductivity of concrete. **Cement & Concrete Composites**, Essex, n. 33, p. 363-371.

KOGEL, J. E., TRIVEDI, N. C., BARKER, J. M., et al. (2006) **Industrial Minerals and Rocks: Commodities Markets and Uses**, 7 th Edition, Colorado, Society for Mining, Metallurgy and Exploitation SME.

LAMBERTS, Roberto e XAVIER, Antônio Augusto de Paula. (2002) **Conforto Térmico e Stress Térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. UFSC: Florianópolis.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. (2014) **Eficiência Energética na Arquitetura**. Eletrobras/Procel, 3ª edição. Rio de Janeiro.

LEEMANN, A., HOLZER, L., (2001). **Influence of mica on the properties of mortar and concrete**. 8 th Euroseminar on Microscopy Applied to Buildings Materials. September 4-7. Athens, Greece.

LENGEN, Johan Van. **Manual do Arquiteto descalço**. Rio de Janeiro: Tibá Livros, 2004.

MATTANA, A. J., MEDEIROS, M. H. F., SILVA, N. G., COSTA, M. R. M. M. C. (2012) **Análise hierárquica para escolha entre agregado natural e areia de britagem de rocha para confecção de argamassas de revestimento**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 63-79, out./dez.

MCGOLDRICK, S. L. T. et. al. (2015) **Swelling Properties of Montmorillonite and Beidellite Clay Minerals from Molecular Simulation: Comparison of**

Temperature, Interlayer Cation, and Charge Location Effects. *The Journal of Physical Chemistry*, V. 119, n. 36, p. 15099–15107.

MCNEIL, L. E., GRIMSDITCH, M., (1993) **Elastic moduli of muscovite mica**. *Journal of Physics: Condensed Matter*, V. 5, n. 11, p. 1681-1690.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. NR 17: Ergonomia. (2018) Brasília.

MONIER, G.& ROBERT, J.L. (1986) **Evolution of the miscibility gap between muscovite and biotite solid solutions with increasing lithium content: an experimental study in the system K₂₀-Li₂₀-MgO-FeOAl₂O₃-SiO₂-H₂O-HF at 600°C, 2Kbar PH₂O: comparison with natural lithium micas**. *Mineral. Magaz.*, 50:641-651.

MONSORES, K. G. C., FRANÇA, S. C. A., MORAES L. S. de, SANTOS S. F. (2017) **MATERIAIS COMPÓSITOS A BASE DE PP E MUSCOVITA**, *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales*, V. 18, n. 6, p. 301-309.

MORISHITA, C. *et al.* (2013) **Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas**. Florianópolis: Laboratório em Edificações do Departamento de Engenharia Civil da UFSC.

MOUSSA, Seini Hassane et al. **Comparative Study of Thermal Comfort Induced from Masonry Made of Stabilized Compressed Earth Block vs Conventional Cementitious Material**. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, v. 7, n. 385-403, p. 385-403, 2019.

OBERT, E. F. e GYOROG, D. A., (1976) **The Mechanical Engineering Laboratory – Design and Equipment**, Universidade de Winconsins, Divisão de Engenharia Experimental, U.S.A. (versão em português: “Laboratório de Engenharia Mecânica – Projetos e Equipamentos”, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica).

OMAR, M. F., AKIL, H. M., & AHMAD, Z. A. (2011) **Static and dynamic compressive properties of mica/polypropylene composites**. *Materials Science and Engineering: A*, 528(3), 1567–1576.

PAPIRER, E.; ECKHARDT, A.; MULLER, F.; YVON, J. (1990) **Grinding of muscovite**: influence of the grinding medium. *Journal of Materials Science*, 25(12):5109-5117.

PASSOS, P. M. and CARASEK, H. (2018) **Argamassas com resíduos para revestimento isolante térmico de parede pré-moldada de concreto**. *Cerâmica* [online]. vol. 64, n.372, pp.577-588.

PEREIRA, Fernanda Macedo et al. (2018) Avaliação da reatividade potencial de rochas utilizadas como agregados na construção civil no estado do Rio Grande do Sul. **Matéria (Rio J.)**, Rio de Janeiro , v. 23, n. 3, e12175.

PÉREZ-RODRÍGUEZ JL, WIEWIÓRA A, DRAPALA J, PÉREZ-MAQUEDA LA., (2006) **The effect of sonication on dioctahedral and trioctahedral micas**; *Ultrasonics Sonochemistry*, 13(1):61-67.

RECH, Alexandre da Silva et al.. **CERTIFICAÇÃO LEED E SUA IMPORTÂNCIA NAS CONSTRUÇÕES BRASILEIRAS**. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 300-312, abr. 2018.

REIS L. B. dos; SANTOS E. C. . (2014) **Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos tecnológicos, socioambientais e legais**. 2 ed. São Paulo: Ed. Manole.

RIBAS, G. F. et al. (2016) Thermal paint production: techno-economic evaluation of muscovite as an insulating additive. **Independent Journal of Management & Production**, Brazil, v. 7, n. 3, jul. – set. doi: 10.14807/ijmp.v7i3.452

RIEDER, M. et al. (1998), **Nomenclature of the micas**. *The Canadian Mineralogist*, 36, p. 905-912

RODRIGUES M. C. et. al. **A APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE CERTIFICAÇÃO LEED PARA AVALIAÇÃO DE EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS NO BRASIL.** Construmetal 2010 – congresso latino-americano da construção metálica. São Paulo, 2010.

ROSA C. T. W. da, TRENTIN M. A., ROSA Á. B. da, GIACOMELLI A. C.. (2016) **Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino..** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 292-305, abr.

ROTTA, R. (2009) **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria – RS.** 2009. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SABBATINI, Fernando Henrique. (1988) Patologia das argamassas: aspectos físicos. *Anais Epusp. Série a: Engenharia Civil*, São Paulo, v. 1 , n. pt.5, p. 149-58.

_____. (2000) **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa**, 4 ed. São Paulo: Ed. Nome da rosa.

SAKUMA, H., & KAWAMURA, K. (2011). **Structure and dynamics of water on Li⁺, Na⁺, K⁺, Cs⁺, H₃O⁺-exchanged muscovite surfaces:** A molecular dynamics study. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(1), 63–81.

SANTOS, A. R. et al. (2019) **APLICAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA RAMAN NA CARACTERIZAÇÃO DE MINERAIS PERTENCENTES A UMA GEOCOLEÇÃO.** *Quím. Nova*, São Paulo , v. 42, n. 5, p. 489-496, May.

SANTOS, F. A. (2017) **Estudo da variação da relação SiO₂/Al₂O₃ na produção de geopolímeros para imobilizar contaminantes.** Universidade Federal de Pernambuco: Caruaru.

SANTOS, O. C. dos, (2012) **Desenvolvimento De Compósito Cerâmico De Mica Muscovita Através Da Técnica De Barbotina Em Modelo De Gesso**, Brasil. Rio de Janeiro, 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, S.F.; FRANÇA, S.C.A. & OGASAWARA, T. (2010). **BENEFICIAMENTO DE MICA DA REGIÃO BORBOREMAĞ SERIDÓ**. II SIMPÓSIO DE MINERAIS INDUSTRIAIS DO NORDESTE.

SANTOS, S.F. **SÍNTESE DE PIGMENTOS PEROLIZADOS A BASE DE MICA MUSCOVITA DO SERIDÓ**, Brasil. Rio de Janeiro, 2009. 103f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SCHOMBURG J, ZWAHR H. (1997) **Thermal differential diagnosis of mica mineral group**. Journal of Thermal Analysis;48(1):135 - 139.

SENGER, S. C. T. et al. (2011) **Determinação da condutividade térmica de diferentes materiais de Construção através do método do regime regular**; Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações, 10 ed. Águas de Lindóia/SP.

SIRELLI, L. (2008) **Compósitos de Poli(Tereftalato de Etileno) e Mica Muscovita**: Preparação, Caracterização e Propriedades. 131f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano.

SOUSA, Vívian Aparecida Lima. (2012) **Estudo do comportamento de materiais não convencionais utilizados como revestimento de paredes, visando à redução da carga térmica**. 2012. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SOUSA, M. C. B. de; LEDER, S. M. (2019) **Reflexões sobre terminologias utilizadas para definir o conforto térmico humano**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019028.

STEPHEN GUGGENHEIM; Yu-Hwa Chang ; August F. KOSTER VAN GROOS; (1987) **Muscovite dehydroxylation**; high-temperature studies; American Mineralogist, 72 (5-6): 537–550.

STRUCHTRUP, H. (2014) **Thermodynamics And Energy Conversion**. Springer, Alemanha, 596pp.

SUN Shihua and YU Jie (1999) **Fe-Li micas**: a new approach to the substitution series. Mineralogical Magazine, 63, 933 945.

SUN Shihua and YU Jie (2000) **Actual Fe-Li mica series as a series with &VI constant but not with AIIV or AIVI**. Mineralogical Magazine, 64, 755 775.

TISCHENDORF G., GOTTESMANN B., FORSTER HJ., TRUMBULL R. B. (1997) **On Li-bearing micas**: estimating Li from electron microprobe analyses and an improved diagram for graphical representation. Mineral. Magaz.,6: p. 809-834.

TISCHENDORF, G., FORSTER, H.-J. and GOTTESMANN, B. (1999) **The correlation between lithium and magnesium in trioctahedral micas**: Improved equations for Li₂O estimation from MgO data. Mineralogical Magazine, 63, 57 74.

TISCHENDORF, G., FORSTER, H.-J. and GOTTESMANN, B.. (2001a) **Minor- and trace-element composition of trioctahedral micas**: a review. Mineralogical Magazine, 65, 249 276.

TISCHENDORF, G., FORSTER, H.-J. and GOTTESMANN, B. (2001b) **Tri- und dioktaedrische Glimmer**: ein komplexes chemisches System. Zeitschrift für Geologische Wissenschaften, 29, 275 298.

TISCHENDORF, G., FÖRSTER, H.-J., GOTTESMANN, B., & RIEDER, M. and GUIDOTTI, C.V. (2004) **A new graphical presentation and subdivision of potassium micas**. *Mineralogical Magazine*, 68, 649–667.

TISCHENDORF, G., FÖRSTER, H.-J., GOTTESMANN, B., & RIEDER, M. (2007). **True and brittle micas: composition and solid-solution series**. *Mineralogical Magazine*, 71(03), 285–320.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. (1995) Escola Politécnica. **Tecnologia de Revestimento de Argamassa: Conceito básico e tecnologia de execução**. São Paulo, EPUSP/PCC/CPqDCC.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. (2000) Departamento de Petrologia. **Descrição Sistemática das Propriedades Ópticas dos Principais Minerais Formadores de Rochas**. Rio Claro, IGCE. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/petrologia/nardy/bdindice.html> Acesso em: 14 de maio de 2021.

VEIGA, M. R. (2005) **Comportamento de revestimentos de fachadas com base ligante mineral: exigências funcionais e avaliação de desempenho**. 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, Lisboa.

VIANA, R. R., JORDT-EVANGELISTA, H., & STERN, W. B. (2007). **Geochemistry of muscovite from pegmatites of the Eastern Brazilian pegmatite province: a clue to petrogenesis and mineralization potential**. *European Journal of Mineralogy*, 19(5), 2007. p745–755.

WALID, Y. (2009) **A técnica de Edificar**. 10. Ed. rev. atual. São Paulo Pini: Sinduscon.

ZHANG, L., WEI, T., CHEN, H. et al. (2009) **Mechanical and thermal properties of muscovite and density polyethylene-reinforced and -toughened polypropylene composites**. *J. Wuhan Univ. Technol.-Mat. Sci. Edit.* 24, 581–587.

ZHOU, H. M., QIAO, X. C., & YU, J. G. (2013). **Influences of quartz and muscovite on the formation of mullite from kaolinite**. *Applied Clay Science*, 80-81, 176–181.

Sites:

<https://www.pitt.edu/~cejones/GeoImages/1Minerals/1IgneousMineralz/Micas.html>


<https://museuhe.com.br/mineral/muscovita-muscovite/>

9. ANEXOS

ANEXO A – Conta de energia da concessionária CPFL em Marília/SP

Figura 22 – Conta de energia da concessionária CPFL em Marília/SP

**Companhia Paulista
de Força e Luz**
Uma empresa do Grupo CPFL Energia



Rua Jorge de Figueiredo Correa, 1632
Jd. Prof. Tarçília - Campinas - SP - CEP 13087-397
Inscrição Estadual: 244.163.955.115
Inscrição no CNPJ: 33.050.196/0001-88

GUILHERME SASSON GOLDBERG
R VERA MARILDA SEREN CORTARELLO 110
PQ D ESMERALDAS
17516-713 MARILIA SP

Nota Fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº 187633283 Série C
Data de Emissão: 24/05/2021
Data de Apresentação: 25/05/2021
Pág: 01 de 01
Conta Contrato Nº 3110103874816
Leitura Próximo Mês: 21/06/2021

Lote	Roteiro de leitura	Nº. Medidor	PN	Reservado ao Fisco
14	MARBU261-00000084	204682789	713202306	5B92.EE6E.5284.2D9C.65A3.FFD0.5D17.8071

PREZADO(A) CLIENTE

Houve Reajuste Tarifário na sua conta a partir de 22/04/2021, aumento médio de 8,64% (Resolução Homologatória nº 2.854/21). Sua conta será faturada com bandeira vermelha patamar 1 a partir de 01/05/2021, no valor de R\$4,169 a cada 100 kWh, conforme determinado pela Aneel.

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA

GUILHERME SASSON GOLDBERG
R VERA MARILDA SEREN CORTARELLO, 110
PQ D ESMERALDAS
17516-713 MARILIA - SP

CPF: 059.069.427-85
CLASSIFICAÇÃO: Convencional B1 Residencial - Bifásico 220 / 127 V

ATENDIMENTO	PN	SEU CÓDIGO	CONTA MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
0800 010 1010 www.cpf.com.br	713202306	INSTALAÇÃO 24602043	MAI/2021	08/06/2021	286,79

DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO

Cod. 115	Descrição da Operação	Mês Ref.	Quant. Faturada	Unid. Med.	Tarifa com Tributos R\$	Valor Total da Operação R\$	Base Cálculo ICMS R\$	Aliq. ICMS	ICMS	Base Cálculo PIS/COFINS	PIS 0,68%	COFINS 3,11%	Bandeiras Tarifárias (Dias)
0605	Consumo Uso Sistema [kWh] TUSO	MAI/21	307,000	kWh	0,42094463	129,23	129,23	25,00	32,31	129,23	0,88	4,02	Amaréla
0601	Consumo - TE	MAI/21	307,000	kWh	0,41553746	127,57	127,57	25,00	31,89	127,57	0,87	3,97	07 Dias
0601	Adicional de Bandeira Amarela	MAI/21			1,31	1,31	1,31	25,00	0,33	1,31	0,01	0,04	Vermelha P1
0601	Adicional de Bandeira Vermelha	MAI/21			13,90	13,90	13,90	25,00	3,48	13,90	0,09	0,43	24 Dias
	Total Distribuidora					272,01							
	DEBITOS DE OUTROS SERVIÇOS												
0807	Contrib. Custeio IP-CIP Municipal	MAI/21				14,78							
Total Consolidado						286,79	272,01		68,01	272,01	1,85	6,46	

HISTÓRICO DE CONSUMO

Mês	kWh	Dias	TARIFA ANEEL
2021 MAI	307	31	Consumo TUSO
ABR	368	31	Consumo kWh 0,20914000
MAR	385	31	TE
FEV	359	29	0,20912000
JAN	445	31	
2020 DEZ	448	29	
NOV	406	32	
OUT	509	30	
SET	481	33	
AGO	292	30	
JUL	286	29	

EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO / DATAS DE LEITURAS


Nº	Energia	Leitura	Leitura	Fator	Consumo	Taxa de Perda	Leitura
		24/05/2021	21/04/2021	Múltiplo	[kWh]	[%]	Próximo Mês
204682789	Ativa	69274	68967	1,00	307		21/06/2021

INDICADORES DE CONTINUIDADE DE FORNECIMENTO DE ENERGIA

Para consulta dos indicadores acesse nosso site www.cpf.com.br

INFORMAÇÕES SOBRE A FATURA

AVISO IMPORTANTE



Pague aqui - PIX

Nota Fiscal
Conta de Energia Elétrica
Nº 187633283 Série C

Cód/Déb/Aut.-Banco
310103874816


Total a Pagar (R\$)
286,79

Data de Vencimento
08/06/2021


Essa conta poderá ser paga no credenciado mais perto de você. Confira a lista completa no site

DROGARIA MAXXIFARMA MERCADO SÃO PEDRO DROGARIA ALTOS DO PALMITAL	RUA PIO X, 455 - JARDIM VITÓRIA AV ALCEBIADES SPADOTTO 342 - CONJ RES LUIZ EGÍDIO CERQ AV LUZIA DOS SANTOS ALVES 510 - JARDIM NAZARETH
--	--

836900000024 867900403264 733843188034 101038748162





Autenticação Mecânica



Fonte: O autor, 2020

ANEXO B – Conta de água e esgoto da concessionária DAEM em Marília/SP

Figura 23 – Conta de água e esgoto da concessionária DAEM em Marília/SP

				DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE MARÍLIA			
TARIFA DE CONSUMO DE ÁGUA - UTILIZAÇÃO DE ESGOTO E LANÇAMENTO DIVERSOS				RUA SÃO LUIZ, 359 - TEL: (14) 3402-8500 - CNPJ 52.061.181/0001-60 - INSC. EST. ISENTA			
NOME VARADERO EMPREENDIMENTOS E PARTICIPAÇÕES LTDA				Nº CONTRIBUINTE 00053651-69			
LOCAL DA LIGAÇÃO RUA FAUSTO PEIXOTO SAMPAIO, 00218 UNIDADE- I 17505-525 JARDIM VIRGINIA MARILIA SP							
END. PARA ENTREGA RUA CARLOS ARTENCIO, 00356 BL B UNID XXI							
PASTA 231	QUADRA 18	LOTE 03	COMPLEMENTO	CATEGORIA 1	ECONOM. LIG. 1		
Nº HIDRÔMETRO A20F130594		LEITURA ANTERIOR 01/04/2021 2	LEITURA ATUAL 03/05/2021 3		CONSUMO 1		
DATA EMISSÃO 12/06/2021		RECIBO		PROCEDÊNCIA			
TARIFA DE ÁGUA		REFERÊNCIA	CONSUMO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	VALOR	
0 a 5m³		16,54	ABR/2021	0	ÁGUA	16,54	
			MAR/2021	0	ESGOTO	8,27	
			FEV/2021	1			
			JAN/2021	1			
			DEZ/2020	0			
			NOV/2020				
REFERÊNCIA MAI/2021	MÉDIA CONSUMO 1	VENCIMENTO 17/05/2021	ACRÉSCIMOS R\$ 0,00	TOTAL A PAGAR R\$ 24,81			


ESTA CONTA PODERÁ SER PAGA ATÉ 30 (TRINTA) DIAS APÓS O VENCIMENTO. MULTA, JUROS E CORREÇÃO MONETÁRIA PELO ATRASO SERÃO COBRADOS EM CONTA FUTURA.

Leitura Normal

AUTENTICAÇÃO MECÂNICA NO VERSO

O PAGAMENTO DESTA NÃO QUITA DÉBITO ANTERIORES

82660000000 2 24810032202 8 10517000536 4 51052021510 2



00053651052021510

NÃO PERFURE NEM RASURE ESTE CARTÃO, POIS SERÁ USADO NA LEITURA ÓTICA.	Nº CONTRIBUINTE 00053651-69	DATA EMISSÃO 12/06/2021	RECIBO
	REFERÊNCIA MAI/2021	VENCIMENTO 17/05/2021	TOTAL A PAGAR R\$ 24,81

ESTA CONTA PODERÁ SER PAGA ATÉ 30 (TRINTA) DIAS APÓS O VENCIMENTO. MULTA, JUROS E CORREÇÃO MONETÁRIA PELO ATRASO SERÃO COBRADOS EM CONTA FUTURA.

AUTENTICAÇÃO MECÂNICA NO VERSO



DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE MARÍLIA
TARIFA DE CONSUMO DE ÁGUA - UTILIZAÇÃO DE ESGOTO E LANÇAMENTO DIVERSOS

Fonte: O autor, 2020

ANEXO C – Tabela com o peso específico da alguns materiais

Figura 24 – Tabela com o peso específico da alguns materiais

PCRJ SCO-Sistema de Custos de Obras e Serviços de Engenharia FGV

TABELAS

1- Pesos Especificos de Materiais de Construção	
a) Material Solto	Kg/m ³
Areia Seca	1.300 a 1.600
Areia Úmida	1.700 a 2.300
Areia Fina Seca (0 a 1mm)	1,500
Areia Grossa Seca (1 a 8mm)	1,800
Argila Seca	1.600 a 1.800
Argila Úmida	1.800 a 2.100
Cal Hidratada	1.600 a 1.800
Cal Hidráulica	700
Cal em Pó	1,000
Cal Virgem	1.400 a 1.600
Cimento a Granel	1.400 a 1.600
Cimento em sacos	1,200
Gesso em Pó	1,400
Gesso Hidratado (em bloco)	1.800 a 2.600
Hulha/Antracita	900
Minério de Ferro	2,800
Terra Apiloada Seca	1.000 a 1.600
Terra Apiloada Úmida	1.600 a 2.000
Terra Arenosa	1,700
Terra Silteosa	1,400
Terra Vegetal Seca	1.200 a 1.300
Terra Vegetal Úmida	1.600 a 1.800
Entulho de Obras	1,500

Fonte: Adaptado de Rio de Janeiro, 2020

ANEXO D – Tabela com consumo de alguns equipamentos

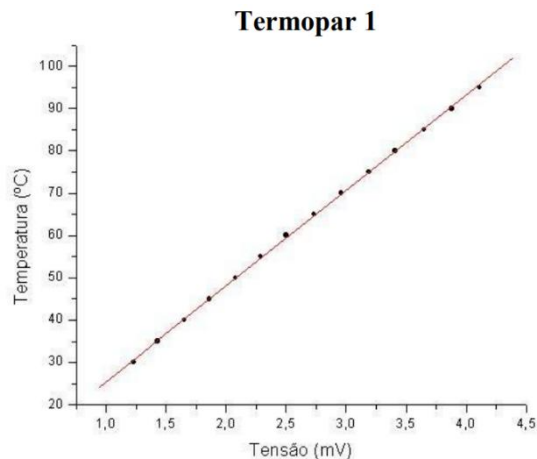
Figura 25 – Tabela com consumo de alguns equipamentos

Aparelhos Elétricos	Dias Estimados Uso/Mês	Média Utilização/Dia	Consumo Médio Mensal (kWh)
Aparelho de blu ray	8	2 h	0,19
Aparelho de DVD	8	2 h	0,24
Aparelho de som	20	3 h	6,60
Aquecedor de ambiente	15	8 h	193,44
Aquecedor de mamadeira	30	15 min	0,75
Aquecedor de marmita	20	30 min	0,60
Ar-condicionado tipo janela menor ou igual a 9.000 BTU/h	30	8 h	128,80
Ar-condicionado tipo janela de 9.001 a 14.000 BTU/h	30	8 h	181,60
Ar-condicionado tipo janela maior que 14.000 BTU/h	30	8 h	374,00
Ar-condicionado tipo split menor ou igual a 10.000 BTU/h	30	8 h	142,28
Ar-condicionado tipo split de 10.001 a 15.000 BTU/h	30	8 h	193,76
Ar-condicionado tipo split de 15.001 a 20.000 BTU/h	30	8 h	293,68
Ar-condicionado tipo split de 20.001 a 30.000 BTU/h	30	8 h	439,20
Ar-condicionado tipo split maior que 30.000 BTU/h	30	8 h	679,20

Fonte: Adaptado de Brasil, 2020

ANEXO E – Curva de calibração dos termopares

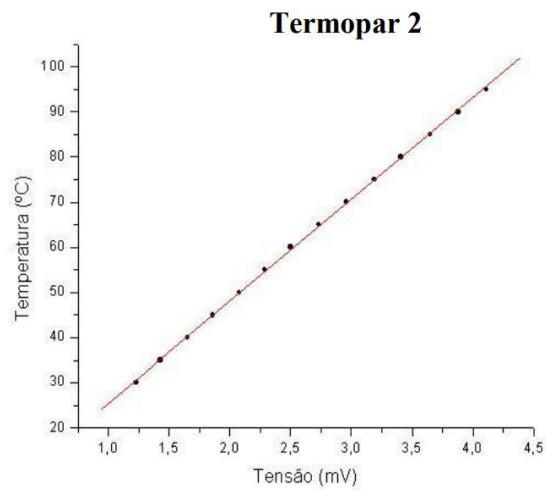
Figura 26 – Curva para calibração do Termopar 1



Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

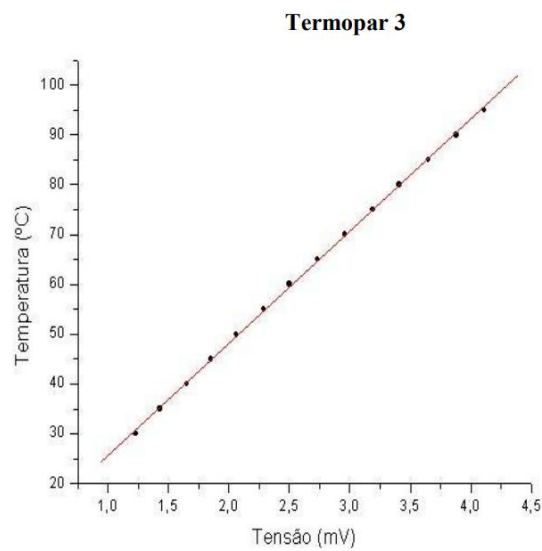
A Figura 25 apresenta a calibração do termopar 1. Podemos ver que na primeira leitura de temperatura, a 30°C, a tensão é aproximadamente 1,23 mV. Para a temperatura de 90°C, a tensão é aproximadamente 4,10mV. Analisando ainda a Figura 25, vemos que a tensão se mantém numa crescente quase linear dos 30°C até os 90°C. Essa situação se mantém parecida nas outras curvas dos termopares, tanto que o desvio padrão se mantém relativamente baixo, o que traz mais segurança e confiança para a utilização do equipamento e análise dos resultados. As outras curvas podem ser analisadas nas Figuras de 27 a 33 abaixo. Um resumo com as calibrações e desvio padrão pode ser visto na Tabela 15.

Figura 27 – Curva para calibração do Termopar 2



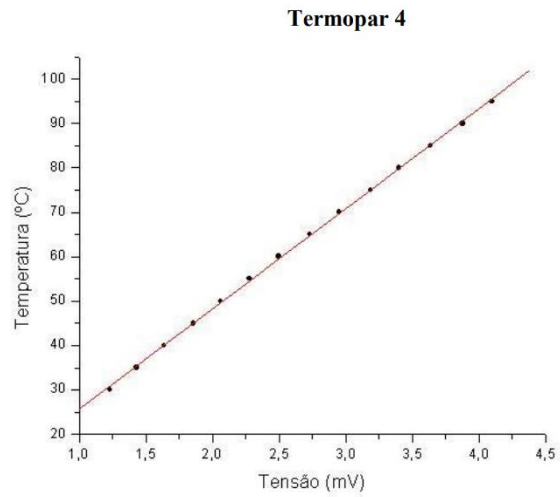
Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005.

Figura 28 – Curva para calibração do Termopar 3



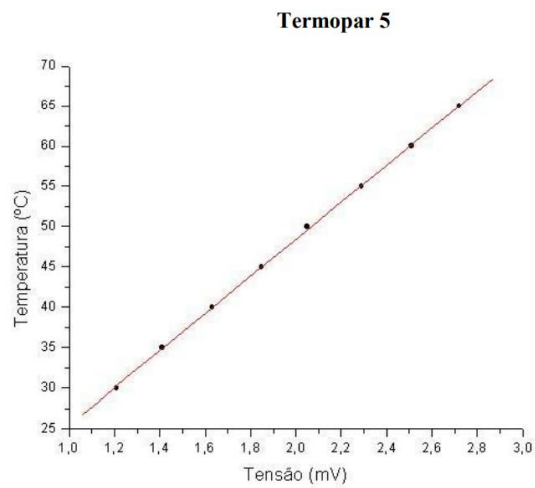
Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

Figura 29 – Curva para calibração do Termopar 4



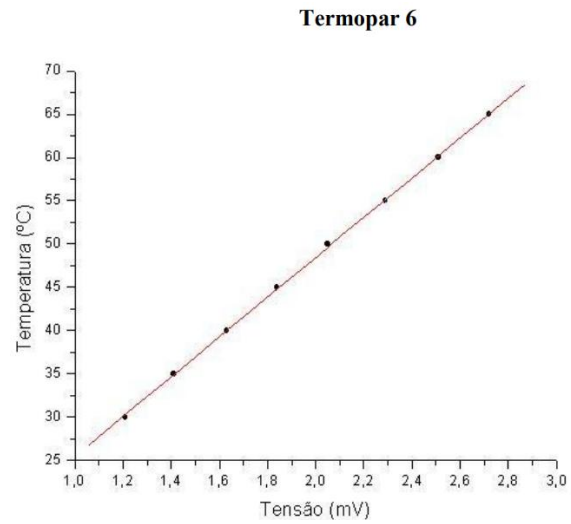
Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

Figura 30 – Curva para calibração do Termopar 5



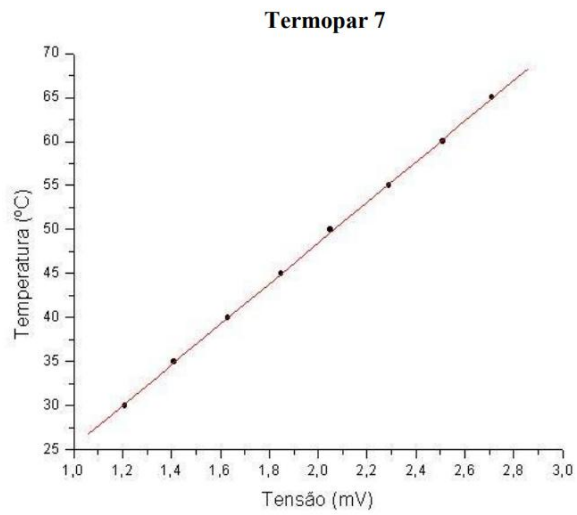
Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

Figura 31 – Curva para calibração do Termopar 6



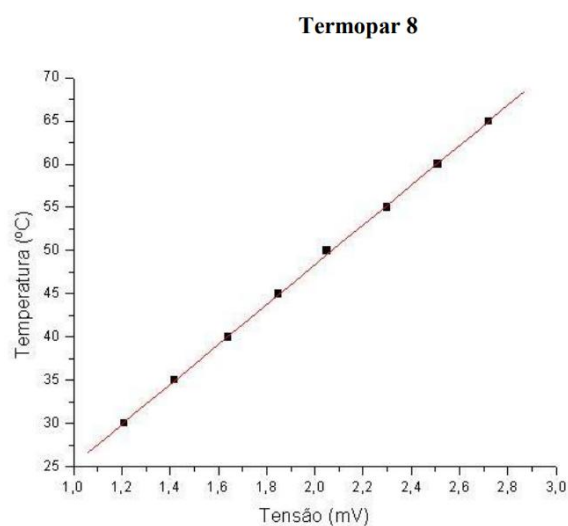
Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

Figura 32 – Curva para calibração do Termopar 7



Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

Figura 33 – Curva para calibração do Termopar 8



Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005

Tabela 15 – Equação das curvas de calibração e desvio padrão dos termopares.

Termopar	Curva de calibração	Desvio Padrão
1	$T_1(^{\circ}\text{C}) = 3,1686 + 22,59014 U(\text{mV})$	0,42091
2	$T_2(^{\circ}\text{C}) = 3,05924 + 22,50935 U(\text{mV})$	0,42827
3	$T_3(^{\circ}\text{C}) = 3,05924 + 22,50935 U(\text{mV})$	0,42827
4	$T_4(^{\circ}\text{C}) = 3,13259 + 22,53033 U(\text{mV})$	0,45968
5	$T_5(^{\circ}\text{C}) = 2,43493 + 23,00705 U(\text{mV})$	0,32261
6	$T_6(^{\circ}\text{C}) = 2,49037 + 22,99343 U(\text{mV})$	0,24155
7	$T_7(^{\circ}\text{C}) = 2,29134 + 23,0951 U(\text{mV})$	0,23372
8	$T_8(^{\circ}\text{C}) = 2,22723 + 23,06893 U(\text{mV})$	0,24623

Fonte: Ferrarezi e Seixlack, 2005