



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM ARGAMASSA COM AREIA DE BASALTO E FIBRAS DE ALUMÍNIO RECICLADO

HEAT TRANSFER IN MORTAR WITH SAND BASALT AND ALUMINUM FIBER RECYCLED

PALMIERI, Marcos Yañes; TORALLES, Berenice Martins; MORALES, Gilson

(1) UEL/ENGES, e-mail: palmieri@uel.br (2) UEL, e-mail: toralles@uel.br, (3) Instituição, e-mail: morales@uel.br,

RESUMO

O incentivo pela redução no consumo de energias convencionais resulta da impossibilidade em atender sua crescente demanda. O planeta não consegue suprir sustentavelmente essa necessidade imediata, é degradado em vastas áreas consideradas vitais ao suporte da vida. Diante desses fatos, busca-se captar fontes inegociáveis e limpas de energia, desenvolvendo novos materiais compostos e tecnologia para sua utilização eficiente. A radiação solar incidente em nossa atmosfera é considerada favorável ao princípio físico da absorvividade e emissividade em materiais. Essas características estão energeticamente sendo empregadas em sistemas de aquecimento de água nas edificações. Porém, os modelos existentes tem alto custo, durabilidade reduzida e frequentemente contrapõem valores estéticos de arquitetura. O presente estudo busca desenvolver um traço de argamassa que exposta a radiação solar, ative a capacidade calorífica do basalto e a condutividade térmica do alumínio, para transformá-la em energia térmica utilizada em sistemas de aquecimento de água ou geração de energia fotovoltaica. Os ensaios compararam a transferência de calor em traços com teores entre 0% e 20% de fibras de alumínio em relação ao total da massa. Diante desses fatores, foi necessário adotar uma sequência de procedimentos durante a mistura, afim de que as fibras se distribuíssem uniformemente na argamassa. O baixo índice de consistência fez com que se empregasse elevado nível de energia para controle de vazios. Nos ensaios, utilizou-se corpos de prova cilíndricos com ($\varnothing = 50$ e $l = 100$ mm) para ensaios de resistência mecânica e prismáticos com ($23,0 \times 11,4 \times 6,5$ mm 3) para ensaios de condutividade térmica. Os resultados demonstraram melhor transferência de calor em traços com teores inferiores a 10% considerando as dificuldades na mistura. A interação dos materiais favoreceu a afinidade de ligações moleculares entre o basalto e as fibras de alumínio, resultando no aumento da capacidade de condução de calor em 2,5 vezes. Possibilitou ainda, o armazenamento prolongado de energia na argamassa.

Palavras-chave: Argamassa, Condutividade térmica, aquecimento solar de água.

ABSTRACT

The incentive for the reduced consumption of conventional energy results from the inability to meet its growing demand. The planet cannot sustainably meet this immediate need, is degraded in vast

areas considered vital to support life. Given these facts, we seek to capture inexhaustible and clean energy sources, developing new composite materials and technology for its efficient use. The incident solar radiation in our atmosphere is considered favorable to the physical principle of absorptivity and emissivity of materials. These features are being employed in energy water heating systems in buildings. However, existing models have high cost, reduced durability and aesthetic values often contradict architecture. This study seeks to develop a trait of mortar that getting sunlight, turn on the heat capacity of the basalt and the thermal conductivity of aluminum, to transform it into thermal energy used in water heating or photovoltaic power generation systems. The tests compared the heat transfer mortars with levels between 0% and 20% aluminum fibers in relation to the total mass. Given these factors, it was necessary to take a sequence of procedures during mixing, so that the fibers being distributed uniformly throughout the mortar. The low consistency made if employing high power level for control of voids. In tests, we used cylindrical specimens with ($\varnothing = 50$ and $l = 100$ mm) for testing the resistance to mechanical and prismatic (23,0X11,4X6,5 mm³) for testing the thermal conductivity. The results showed better heat transfer occurred in traces with less than 10% over the difficulties in mixing levels. The interaction of the materials favored affinity molecular bonds between the fibers and basalt, aluminum, resulting in an increased heat conduction capacity by 2.5 times allowing prolonged storage of energy in the mortar.

Keywords: mortar, thermal conductivity, solar heating water.

1 INTRODUÇÃO

A maior parte de toda energia gerada, destina-se a produção de materiais e uso de edificações. Com o agravante da crise energética, tem-se dado maior importância a este fato, fazendo com que arquitetos e engenheiros busquem soluções para reduzir essa demanda e atendam normas de desempenho na qualidade e conforto das edificações. A utilização de energias renováveis em sistemas autônomos envolve questões relativas à viabilidade técnica e econômica. O alto custo, muitas vezes inibe o usuário a escolher sistemas alternativos para suprir suas necessidades de abastecimento de energia. Isso se deve em parte ao longo tempo de operação para que o sistema seja economicamente viável.

Essa escolha muda à medida que venham ser disponibilizados sistemas com menor custo, maior eficiência e durabilidade. Quando incentivados por programas institucionais de implantação, o usuário normalmente recebe incentivos fiscais para adotá-lo.

A energia divide com a água a primazia na escala de importância dos insumos requeridos de um sistema residencial, sendo aproveitado na íntegra, não gera subprodutos ou resíduos. Grande parte dos subsistemas residenciais necessita de energia para o seu funcionamento, sendo que a energia total requerida se apresenta sob duas formas básicas: energia térmica e energia elétrica. (VIGGIANO, 2002).

A argamassa desenvolvida busca num primeiro momento, maior condutividade térmica captando a energia transmitida por radiação solar. Estando concluída, possibilitará estudos para produção de uma argamassa para geração de energia fotovoltaica.

2 JUSTIFICATIVA

Esperando contribuir com esses conceitos, o presente estudo desenvolveu um traço de argamassa alternativa, utilizando areia de basalto e resíduos industriais, para produção de placas pré-moldadas, destinadas a sistemas de aquecimento solar de água por exposição à radiação solar.

A radiação solar, transformada em energia tem previsibilidade de rendimento. Deve-se considerar a variação de intensidade de incidência e a temperatura do ambiente externo que influí diretamente na eficiência do sistema. Assim, não é bastante apenas ter um captador eficiente se as instalações que as utilizam, também não o são, (MARTINS, 2005).

O coletor solar utilizado como dispositivo que converte a radiação incidente em calor latente para o aquecimento de água, diminuiria sensivelmente o consumo de energias convencionais e a amplitude térmica no interior nas edificações, resultando em melhor sensação de conforto no ambiente interno por maiores períodos de tempo. O calor latente contido nos materiais, devido à incidência solar, seria transferido através da troca de calor por convecção com o sistema hidráulico em polipropileno, embutido entre a alvenaria ou cobertura e placas coletoras. Uma segunda camada de efeito dinâmico serviria como proteção a incidência direta e aumentaria a inércia térmica dos materiais onde fosse aplicada (NOGUEIRA, 2007).

Essa tecnologia desperta maior interesse à medida que o consumo de água aquecida se intensifica e tende a evoluir para um sistema híbrido, onde no mesmo coletor ficariam instaladas, células fotovoltaicas representando mais do que um elemento estético nas edificações e reuniria duas possibilidades na captação de energia limpa, proporcionando mais uma alternativa para se atingir a autonomia sustentável, (MARQUES, 2008).

Com foco no fenômeno físico responsável pela transferência da energia coletada por radiação e transferida pela condução e utilizada por convecção, descrita na Lei de Fourier, realizou-se ensaios em laboratório, com materiais residuais, considerando prioritariamente que o fluxo de calor é a quantidade de energia que flui através de uma unidade de massa, por unidade de tempo (CASTAÑEDA, 2011).

A condução ou difusão é o fenômeno físico responsável pela transferência da energia coletada por radiação é transformada calor pela ativação molecular de elétrons livres contidos em ligações metálicas ou materiais condutores. Enquanto a radiação ocorre sendo favorecida pela ausência de matéria (vácuo), a condução é favorecida somente onde há materiais com características favoráveis a sua transferência, como a densidade e a convecção pela dinâmica de voláteis ou fluídos (ORDENES, 2008).

Na relação de adesão interfacial (matriz/fibras), as características termofixas ou termoplásticas proporcionam maior aderência com o uso de agentes acopladores que modifiquem a superfície das fibras, inibindo barreiras para afinidade na propagação de energia por elétrons livres entre fibra e matriz, (DI BENEDETTO, 2001).

(SANTOS, 2005), estabeleceu o método do fio quente paralelo de superfície como variável do método do fio em cruz, norma (DIN 51046) que é eficaz para avaliar as correlações entre a difusividade e a efusividade da energia térmica, estreitamente relacionada à densidade do material. Esse método quantifica fisicamente, a capacidade calorífica de um material. A Tabela 01 demonstra a condutividade térmica dos materiais utilizados na argamassa.

Tabela 01 – Condutividade térmica dos materiais utilizados na argamassa

Materiais utilizados na argamassa	Condutividade Térmica (W m ⁻¹ °C ⁻¹)
Água	0,58
Cimento	0,9
Basalto	3,50-8,00
Alumínio	230,00

Fonte: PROTOLAB (2013)

O tempo ao qual a argamassa transmite ou retém o calor se dará devido a condições de contato entre a interface das fibras de alumínio e a microestrutura do basalto com a matriz do cimento (CASTRO & PANDOLFELLI, 2009) também influenciam a espessura da peça e massa unitária dos agregados da argamassa.

Segundo, (YANNAS & MALDONADO, 1995), a diferença de capacidade de armazenamento de calor entre materiais é revelada quando se analisa a capacidade calorífica volumétrica. A pasta de cimento mais densa, devido aos finos utilizados,

também possibilita maior formação de C-S-H e aumenta a resistência mecânica com maior durabilidade. (NEVILLE, 1997). (MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.).

Cabe salientar que a compacidade da argamassa é característica predominante para o melhor desempenho na condução do calor. Porém, será preciso retirar o pó de alumínio da superfície das fibras, com enxague, após a Trituração das fibras, para que não haja reações químicas de expansividade, durante a mistura ou estado fresco. Essas reações acontecem quando os teores de fibras ultrapassarem em 10% em relação a massa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

(MENKES, 2004), comparando tecnologias disponíveis, quantificou a capacidade de economizar duas vezes e meia mais energias do que a cinco anos atrás, dispondo apenas de um terço do que antes era necessário para obter melhores resultados em cada unidade de energia.

A alternativa que tem obtido resultados satisfatórios é o uso de insumos mais simples, porém com maior eficiência, devido à qualificação e padronização em processos anteriores. Essa escolha elimina ou reduz sobras, que retornam ao ciclo produtivo, com agregação de valor, devido a características já adquiridas em processos industriais anteriores, evitando descarte.

Na construção civil, existem grande número e volume de resíduos, inerentes á execução dos sistemas construtivos adotados, que necessitam destinação mais apropriada e desenvolvimento de novas tecnologias para reaproveitamento. Transformados em subprodutos, com pouca variabilidade, facilmente serão utilizados na composição de novos materiais, (CINCOTTO, 1988).

(NOLASCO e AGNESINI, 1993), destacam a inibição de três fatores degradantes do meio ambiente: a variedade de produtos descartáveis, a quantidade de elementos associados a cada objeto produzido e aglomeração de certas operações que possam sobrecarregar processos biológicos de tratamento.

Assim, diminuindo o consumo de novos insumos, através da reutilização de subprodutos, se iniciaria um ciclo de reserva de energia em grandes sistemas geradores, que por sua vez seria destinado a sistemas produtores de bens e serviços.

Desta forma, as edificações estariam devolvendo ao longo do tempo a energia investida em sua produção e contribuindo para construção de novas edificações com o conceito sustentável da logística reversa, (BRITO, 2002).

Esse modelo integrado à previsibilidade na redução de reservas de energia estaria vinculado a medidas de preservação do meio ambiente evitando que vastas áreas fossem inundadas para instalação de novas usinas hidroelétricas. A construção de grandes unidades hidroelétricas envolvem falhas operacionais e de preservação ambiental desde a etapa de extração da matéria prima, construção e operação do sistema, que permanecerão por toda sua vida útil.

Como exemplo, autores citam o desenvolvimento de energias limpas e renováveis em substituição as convencionais, a reutilização de materiais da construção civil e o desenvolvimento social através de compósitos sustentáveis, valendo-se de subprodutos (LIBRELOTTO, 2005).

4 MATERIAIS e MÉTODO

O método apresentado aborda aspectos do tipo qualitativo e quantitativo, descrevendo resultados de ensaios realizados no Laboratório de Materiais, do Departamento de Construção Civil (DCCi) , do Centro de Tecnologia e Urbanismo (CTU), na Universidade Estadual de Londrina - UEL.

Os agregados foram caracterizados como areia de basalto e adicionados na proporção de 70,0 % em relação à massa, após serem triados em peneiras com aberturas entre 4,8 e 0,15 mm . O restante do traço foi preenchido com resíduos de britagem ou pó de pedra, selecionados em peneiras com aberturas entre 0,15 e 0,075 mm .

A produção do alumínio exige alto volume de energia, sendo grande gerador de resíduos durante a etapa siderúrgica de fusão.

As fibras de alumínio produzidas para utilização no estudo, foram recolhidas de resíduos de cavaco de usinagem mecânica. Adotou-se um procedimento de triagem para não haver contaminação por outros tipos de metais.

O cavaco de torno mecânico de alumínio foi finamente dividido em moinho de facas, evitando assim alto consumo de energia para reutilização. Após a Trituração passou por enxague em sistema fechado de água, para remoção do lubrificante utilizado durante a usinagem da peça que deu origem a esse resíduo. Depois de triturado, foi integralmente adicionado à argamassa sem gerar resíduos.

Com esses procedimentos o que era um resíduo, passou da categoria de subproduto a produto acabado para ser utilizado como adição na argamassa.

A Figura 01 demonstra as características e o fator de forma das fibras após trituração dos filamentos em moinho de facas alternadas.

Figura 01 - Fibras de alumínio incorporadas na argamassa, com Ø entre 1,00 mm e 2,0 mm e variabilidade de l, entre 14,0 mm e 26,0 mm.



Nos ensaios de resistência mecânica, utilizou-se cimento CPV-ARI, por apresentar alto ganho de resistência inicial. Os corpos de prova foram moldados em forma cilíndrica nas dimensões $\text{Ø} = 50,0 \times 100,0 \text{ mm}$, realizados aos 28 dias. Observou-se propriedades de resistência durante o endurecimento, contidas na NBR13529:1995 e formato e resistência da NBR 9781:1987 para peças pré-moldadas.

Nos ensaios de transferência de calor, foram utilizados, modelos prismáticos nas dimensões: $(23,0 \times 11,00 \times 6,5 \text{ mm}^3)$. Todos foram curados em câmara úmida com temperatura controlada de 24°C.

4.1 Dosagem

Os materiais da argamassa foram misturados homogeneousmente, utilizando uma pequena betoneira movida à eletricidade. A sequência foi o lançamento dos agregados de basalto, cimento, fibras de alumínio e água. A hidratação se deu logo após o lançamento dos agregados, com 18,1 % do total da massa. Esse procedimento inibe a suspensão do pó de pedra e facilita a incorporação das fibras. Todo o processo não deve

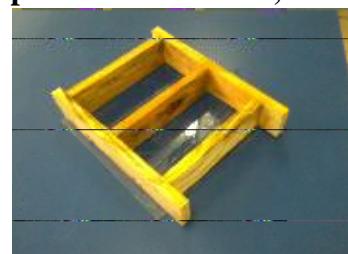
ultrapassar a 1:30" para evitar excessiva incorporação de ar durante a mistura. A Figura 02 demonstra a argamassa durante a mistura totalmente hidratada.

Os corpos de prova receberam preparação para modelagem e ensaio para avaliar a transferência de calor. A Figura 03, o molde em madeira com fundo de vidro que possibilita a remoção das bordas para facilitar o desmolde do corpo de prova.

FIGURA 02: Mistura da argamassa com adição de fibras de alumínio.



FIGURA 03: Fôrma dos corpos de prova prismáticos com 23,0X11,0X6,5 cm³



4.2 Arranjo para medir a condutividade térmica nos Corpos de Prova

A técnica de fonte de calor constante utilizada, derivou da técnica do fio quente paralelo em cruz de medição, normalizada em 1976 pela norma DIN 51046-Parte 1, indicada para a medida de condutividade térmica até 2,0 W/mK.

Para determinação da transferência de calor através da argamassa com teores de 0,0 % a 20,0% de fibras, o equipamento foi calibrado inicialmente com teor de fibras 0% para posteriormente serem comparados com teores de 10 % e 20 %, utilizando-se cronômetro.

Os corpos de prova prismáticos nas dimensões 230,0x114,0x65,0 mm³, receberam duas cavidades, uma no centro da superfície para inserção da fonte de calor composta por uma resistência tubular de 40 W e 12,0 V e $\varnothing = 10,0$ mm e $l = 50,0$ mm .

Os termopares foram inseridos em cavidade no mesmo alinhamento ao centro da superfície em cavidade com $\varnothing = 2,0$ mm e $l = 50,0$ mm, distando 40,0 mm do centro do furo da fonte de calor no sentido longitudinal do prisma. Tanto a resistência quanto os termopares, foram envolvidos com pasta dissipadora de calor contendo prata (Thermal SILVER), eliminando os vazios que interferissem na transferência de calor entre as faces da cavidade e a face da fonte de calor e o mesmo se aplicou aos termopares.

Os valores observados para determinar a transferência de calor foram iniciados a temperatura ambiente de 20°C. As medições se deram a cada minuto por um período de trinta minutos.

Analisando comparativamente os resultados, foi possível determinar o teor de fibra que alcançou melhor desempenho na relação, a transferência e acumulo de calor na argamassa.

Para os ensaios de transferência de calor por condução, foram utilizados equipamentos apresentados nas Figuras de 06 a 09.

Figura 06: Fonte de Tensão 3,0A/12,0V.



Figura 07: Receptáculo EVA e = 10,0 mm.

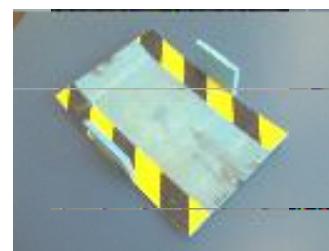
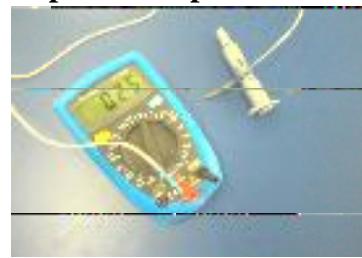


Figura 08: Fonte de calor composta por resistência elétrica 40W e 12V.



Figura 09: Multímetro com termopares e tubo de pasta dissipadora.



Com foco no princípio físico de condutividade térmica como material isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante no sentido radial da fonte, com intensidade entre 1,0 W/m² e 2,0 W/m², os corpos de prova foram submetidos a fonte constante de temperaturas entre 20°C a 36°C, através de resistência tubular metálica de 40 W e 12 V.

Nos ensaios foram utilizados equipamentos capazes de determinar as propriedades térmicas de transferência de calor na matriz contendo adição de fibras de alumínio com incerteza de medição inferior a 2,0 % e um grau repetitivo maior do que 3,0 %. Nos ensaios foram utilizados termopares capazes de medirem temperaturas coletadas a cada minuto por 30,0“, utilizando traços com diferentes teores de fibras incorporadas. Desprezou-se as duas primeiras e últimas determinações. Durante o processo de ensaio térmico, os corpos de prova, inicialmente encontravam-se na mesma temperatura, sendo envolvidos em receptáculo composto por Espuma Vinílica Acetinada – (EVA) com $e = 10,0$ mm, para que se mantivessem isentos de variações externas de temperatura.

Para determinar a transferência de calor na argamassa os equipamentos foram arranjados em bancada.

Segundo (SANTOS, 2005), a formulação matemática do método, o fio quente é assumido por ser uma fonte de calor ideal (massa = 0 e, portanto capacidade térmica = 0), infinitamente longa e fina (diâmetro = 0), a qual é circundada até o infinito pelo material cuja condutividade térmica pretende-se determinar.

Esta hipótese implica que o transiente de temperatura que é registrado pelos termopares, no ponto de medida, durante o experimento, não pode ser alterado pelo fato da amostra real ter dimensões finitas. Ao passar uma corrente elétrica constante através do fio, uma quantidade constante de calor, por unidade de tempo e por unidade de comprimento, é liberada pela fonte e vai se propagar através do material. Essa propagação de calor num meio infinito gera no material, um campo transiente de temperaturas.

Na prática, a fonte teórica linear é aproximada por uma resistência elétrica fina e o sólido infinito é substituído por uma amostra finita. Assim sendo, a capacidade térmica do fio, à resistência de contato entre ele e a amostra e o tamanho finito da amostra são fatores que impõem um tempo mínimo e um tempo máximo a serem utilizados no cálculo da condutividade térmica através da Equação 01.

Equação 01 – Lei de Fourier.

$$\Phi = \frac{[K.A.(T_2-T_1)]}{E}$$

Onde:

K = Coeficiente de condutibilidade térmica

S = Área do material

T₂-T₁ = Diferença de temperatura entre as duas faces

e = Espessura do material

ϕ = Fluxo de calor

Analizando os resultados, foi possível determinar o teor de fibra que alcançou melhor desempenho na relação, a aceleração de transferência e acumulo de calor na argamassa.

5 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Analizando os resultados e características físicas da argamassa, foi possível determinar o teor de adição de fibras para alcançar melhor desempenho em relação, a transferência de calor e capacidade calorífica volumétrica.

A Tabela 02 demonstra os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados, plasticidade da argamassa, tensões e deformações nos corpos de prova.

Tabela 02; Resultados obtidos no Lab. Materiais – DCCi – CTU - UEL

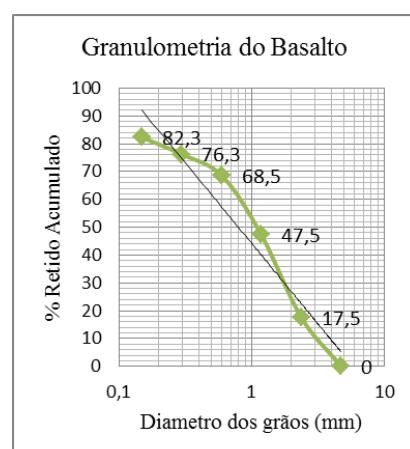
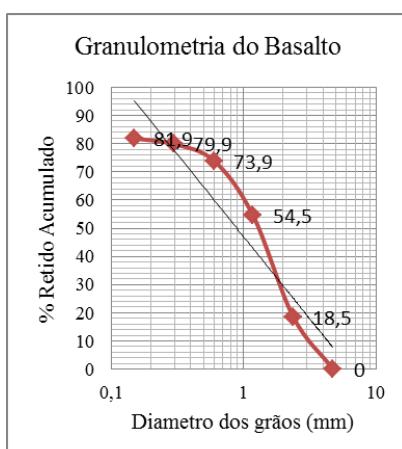
Ensaios dos agregados miúdos de basalto	
Tipos de ensaio	Resultados
Caracterização dos agregados	Gráficos: 01 e 02
Hidratação	18,1% T. da Massa
Massa Específica	2,94kg/dm ³
M. Unit. Basalto	1,76kg/dm ³
Absorção	6,5%
M. Pulverulento	19,9%
M. Unit.	2,29g/cm ³
Argamassa no estado fresco com 10% de teor de fibras	
Consistência	17±1,0 cm
Ensaios com corpos de prova aos 28,0 dias	
Res. Comp. Axial - (Teor: 20%)	3,80 MPa
Res. C. Diametral - (Teor: 20%)	4,20 MPa

Os ensaios de resistência à tração por compressão diametal apresentaram valores superiores em relação aos de compressão axial, havendo inversão de resultados devido a adição de altos teores de fibras aderidas na argamassa, atuaram contra os esforços de tração.

Os Gráficos 01 e 02, a caracterização da areia de britagem de basalto, considerada resíduo que soma 20% do total da produção de agregados na região de Londrina/PR.

GRÁFICO 01: Ensaio granulométrico 01

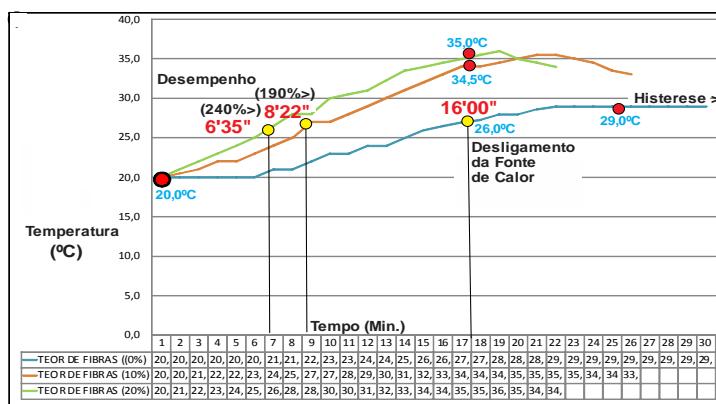
GRÁFICO 02: Ensaio granulométrico 02



A caracterização dos agregados quarteados mecanicamente resultou em equilíbrio entre as dimensões granulometrias, possibilitando melhor empacotamento durante a mistura do traço com baixa hidratação.

Os resultados encontrados nos ensaios de transferência de calor com o método de fonte constante de calor são identificados no Gráfico 03.

Gráfico 03; Resultados obtidos em ensaios realizados no Laboratório de Aglomerantes - DCCi – CTU – UEL, utilizando a média de duas determinações.



Os resultados demonstraram a importância de se considerar o fator de forma, geometria e teores das fibras, pois interferem diretamente no desempenho de transferência de calor e tensões da argamassa.

A argamassa com teores inferiores a 10% apresentaram melhores condições para mistura e moldagem dos corpos de prova. Nesse teor a capacidade calorífica volumétrica obteve maior, da argamassa com 0,0 % de fibras. Essa capacidade física, em manter o calor armazenado por maior período de tempo, possibilita a troca de energia por convecção com a água.

Com teor de 20% eleva o índice de vazios tornando-a porosa, demonstrando aumento na difusividade, mas reduzindo sua efusividade. A captação e transferência de calor também está demonstrada com a rápida dissipação e perda da energia armazenada.

Portanto, a relação de melhor desempenho entre captação e capacidade calorífica dos materiais da argamassa, encontra-se em teores próximos e inferiores a 10% de fibras de alumínio.

Esse índice possibilitou à argamassa, aceleração na captação e transferência de calor e maior capacidade de retenção do calor.

6 CONCLUSÃO

Após análise comparativa, concluiu-se que a argamassa com teor de 10% é capaz de transferir duas vezes mais calor do que na argamassa com 0% de fibras.

A argamassa com teor 20 % apresentou pequena capacidade acima da argamassa com 10 %, embora tenha sido adicionado o dobro de fibras de alumínio.

A argamassa com teor de 10 % de fibras adquiriu a capacidade calorífica volumétrica de armazenar calor por maior período, sendo apenas superada pela argamassa com 0 % de teor de fibras. Apresentou também maior período na retenção de calor.

Menores teores de fibras favoreceram capacidades reológicas, compacidade e hidratação durante a mistura da argamassa. Houve também, menos incorporação de ar e expansividade.

REFERÊNCIAS

VIGGIANO, M. HERMES S. - **Autonomia Energética em Residências Unifamiliares a Experiência do Projeto: Casa Autônoma** - Arquiteto e Urbanista – Projeto Casa Autônoma – 2002

MARTINS Neto, José Henrique e SANTOS, Marco Aurélio Bernardes dos, - **I Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2005.** V – CNPq - 2005.

NOGUEIRA, Ramon CORREIA., DOMINGUES, Elenilton TEODORO – **Aquecedor Solar Com Material Reciclável: Um Desafio a Ser Vencido** - II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica - João Pessoa - PB – 2007

CASTAÑEDA, César E. Figueroa - **Desenvolvimento de um Rastreador Solar Passivo por Transferência de Massa** – PRODETEC – 2011.

ORDENES, Martin; , LAMBERTS Roberto;, GÜTHS, Saulo;, - **Transferência de Calor na Envolvente da Edificação** - PPGEC/UFSC – labEEE – 2008.

DI BENEDETTO Hervé,, DELAPORTE, Brice,, SAUZÉAT Cédric; - **Three-Dimensional Linear Behavior of Bituminous Materials: Experiments and Modeling** – 2007.

CASTRO, A. L. DE CASTRO, PANDOLFELLI V. C.

Revisão: **Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil** - Departamento de Engenharia de Materiais – DEMa - UFSCar, São Carlos, SP

YANNAS, S; e MALDONADO, E., eds. PASCOOL 1995) - Handbook - **Designing for summer comfort.** - Architectural Association Graduate School, Londres, Cap. 4: Thermal Inertia - 1995.

NEVILLE, A. M., **Propriedades do Concreto**, Editora Pini, 2º ed., pp.828, 1997.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Avaliação das Propriedades Reológicas Pastas Auto-Adensável** - 1ª. ed. São Paulo: PINI. 573 p. 1994.

MENKES, M - **Eficiência Energética, Políticas Públicas e Sustentabilidade** – Tese de Doutorado – UNB – Brasília – 2004.

CINCOTTO, Maria Alba, – **Utilização dos subprodutos e Resíduos da Indústria da Construção Civil**, in: Tecnologia das Edificações – São Paulo – PINI – 1988.

NOLASCO, Adriana M. e AGNESINI, Marcos V. C., – **V Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1993** - SÃO PAULO

BRITO A. U.; PINHO J. T., - EDEN: **Programa para auxílio a Projetos de Edificações Energeticamente Autônomas e Eficientes** - Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas - Belém, PA - 2002.

LIBRELOTTO, LISIANE ILHA - **Modelo para avaliação da sustentabilidade na Construção civil nas dimensões econômica, social e Ambiental (esa): aplicação no setor de edificações.** Programa de Pós-graduação em eng de produção - Florianópolis – 2005 – UFSC

MARQUES, Ricardo Licínio Moreira da Rocha Pereira - **Avaliação da Viabilidade de Colectores Híbridos Fotovoltaicos e Térmicos para Aplicação ao Aquecimento de Águas e Micro-Geração de Electricidade** - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

SANTOS, Wilson N. dos., - **Aplicação da Técnica de Fio Quente na Determinação das Propriedades Térmicas de Polímeros Fundidos** – Departamento de Engenharia de Materiais - UFSCAR – 2005.