

ARGAMASSAS SUSTENTÁVEIS DE ALTA CONDUTIVIDADE TÉRMICA PARA SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

Marcos Yañes Palmieri¹

Gilson Morales²

Willian Trinetto Costa³

RESUMO

O objetivo deste estudo é desenvolver e avaliar argamassas empregando materiais alternativos com capacidades físicas, para absorverem e transmitirem energia proveniente de radiação solar em forma de calor, destinada a sistemas de aquecimento de água e controle da inércia térmica nas edificações. A reutilização e reciclagem de resíduos sólidos, aliadas à captação de energias renováveis, são consideradas vitais no desenvolvimento de estudos voltados para a sustentabilidade. Desta forma, é importante o desenvolvimento de produtos e processos que envolvam estes resíduos. No caso particular dos sistemas de aquecimento de água, existe grande número de equipamentos destinados a esta finalidade, porém trata-se de sistemas com alto custo de produção, por empregarem materiais “nobres” e requerem procedimentos artesanais de manufatura. Por outro lado, ao longo de seu funcionamento, exigem alto desempenho e elevado nível de manutenção. A instalação destes sistemas, muitas vezes, manifesta patologias nas edificações, decorrentes da fragilidade construtiva. O estímulo pela redução na demanda de energias convencionais em programas habitacionais decorrente da menor oferta dessas energias, resulta em desafios de eficiência energética nas edificações e impulsionam pesquisas de fontes renováveis de energia. Essa argamassa provém da interação de materiais, como a escória de aciaria, finos de basalto, fibras de alumínio e relação água/cimento/aditivos com baixa hidratação para alcançar resistência estrutural e maior condutividade térmica nas peças pré-moldadas, utilizadas como segunda camada em coberturas e fachadas expostas a incidência de radiação solar. Os ensaios envolvem corpos de prova com ($\varnothing = 4,00 \times 8,00\text{cm}$) e placas planas nas dimensões (30,0x60,0x2,50cm) com circulação forçada. As temperaturas de aquecimento variam entre 45°C e 75°C. O sistema apresenta inicialmente, grande potencial quanto ao desempenho requerido.

Palavras-chave: Argamassa, condutividade, aquecimento solar.

(1) Mestrando em Engenharia de Edificações e Saneamento – ENGES – Departamento de Construção Civil - Centro de Tecnologia e Urbanismo – CTU – Universidade Estadual de Londrina – UEL, palmieri@uel.br -Tel.: (43) 3371 4727 / 9161-1108

(2) Gilson Morales - Doutor em Engenharia Civil / EPUSP e École des Ponts et Chaussées de Paris - Professor Associado do Deptº. de Construção Civil - Universidade Estadual de Londrina – UEL, gmorales@uel.br -Tel.: (43) 3371 4466 / 9979 0314

(3) Willian Trinetto Costa – 3º Ano do Curso de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Londrina – UEL – willwct01@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Acentua-se a construção civil uma grande aceleração no processo de industrialização. Este princípio, somado ao crescimento da população e do consumo, resultaram no aumento de Resíduos da Construção Civil.

Considerando a existência de falhas operacionais de preservação ambiental em etapas e processos industriais como: extração, transporte, processamento, instalações, separação e destinação final desses resíduos em aterros ou efluentes, concluí-se que contaminem e poluam o meio ambiente. Segundo (NOLASCO E AGNESINI 1993), os efeitos dessa tendência são principalmente três fatores: aumento no número e na variedade de produtos descartáveis, aumento na quantidade de resíduos associados a cada objeto produzido e a tendência para aglomerar certas operações produtoras de resíduos de maneira à sobrecarregar qualquer processo biológico de tratamento.

Um dos caminhos encontrados para reduzir esses efeitos residuais, seria a efetiva participação da indústria da construção civil e que segundo (CINCOTTO 1988), apresenta grande potencial de reutilização de seus resíduos e na execução de novos projetos que resultariam em produtos de caráter sustentável.

Como exemplo, autores citam o desenvolvimento de energias limpas e renováveis em substituição as convencionais, a reciclagem com reutilização dos resíduos e o desenvolvimento de tecnologias de compósitos sustentáveis e como exemplo, temos a escória de aciaria incorporada ao cimento que:

- Diminui a emissão de CO² e do aquecimento global;
- Desacelera a degradação ambiental;
- Torna a produção e consumo mais sustentável, associado ao desenvolvimento econômico e social;
- Estimula tecnologias para criar subprodutos de resíduos;

Nesta conjuntura cabe à engenharia utilizar tecnologias mais eficientes em projetos e edificações que preservem elementos naturais, possibilitem tratar e reaproveitar resíduos gerados em seu ciclo de produção com o conceito sustentável de captação e utilização de energias durante a vida útil da edificação.

A reciclagem e reutilização de resíduos industriais da construção civil considerada vital neste estudo determina ações de planejamento ambiental na produção de elementos construtivos e espaços essenciais de sobrevivência para atender critérios de eficiência no consumo de energia durante o uso e vida útil das edificações.

Na composição do traço serão utilizados;

- Agregado Miúdo: Escória de aciaria; Abertura das Peneiras: # 0,297 a # 4,76mm
- Finos de Basalto (Filer) de Pedreira (Pó de pedra) # 0,075mm
- Fibras de Alumínio: (cavaco de torno mecânico moído) Ø 0,015X20,0mm
- Sílica de Casca de Arroz: # 0,075mm
- Relação: Água/Cimento CPV – ARI (NBR 5733):

Tais resíduos existem em quantidade nos processos industriais e na construção civil.

2. JUSTIFICATIVA

2.1. Energias

O consumo de energias convencionais juntamente com o progresso tecnológico e avanço sócio econômico, são apontados como principais fatores de transformações climáticas e ambientais descritas pela comunidade científica.

O aumento na demanda com previsibilidade de redução nas fontes convencionais, contrapõe medidas indispensáveis na preservação do meio ambiente e exigem pesquisas para o uso de energias não poluentes e renováveis (GUIMARÃES, 2012).

O coletor solar utilizado como dispositivo que converte a radiação incidente em calor útil para o aquecimento de água (líquidos), geração de corrente elétrica (células fotovoltaicas) e controle da inércia térmica da edificação com o arrefecimento do ambiente interno (ar) que justificaria o potencial para utilização do sistema.

Essa tecnologia desperta maior interesse à medida que o consumo de água aquecida se intensifica e tende a evoluir para um sistema híbrido, onde na mesma área estão instaladas células fotovoltaicas para geração de energia elétrica que será utilizada em ciclo fechado para aquecimento ou conectada reversamente ao sistema convencional de energia, gerando excedentes para amortizar custos de instalação e manutenção do sistema.

Células fotovoltaicas cristalinas entre placas de vidro possibilitam incidência com baixo ofuscamento da radiação na placa de argamassa separada por fina camada de ar (10,0mm) que cria o efeito estufa (aumento a temperatura) e ao mesmo tempo oferece maior eficiência aos sistemas pela ativação química das células fotovoltaicas por condução.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desenvolvimento de processos ou produtos seguem normas de desempenho e durabilidade. Dentre elas a NBR 12269:1992 que estabelece execução e instalações de sistemas de aquecimento solar de água e propõe diretrizes construtivas para habitações voltadas à população de baixa renda.

Pesquisadores da engenharia e arquitetura continuam desenvolvendo alternativas técnicas para produção desse tipo de edificação no Brasil que estimulada por programas habitacionais, carecem de qualidade nos materiais, sistemas construtivos econômicos, durabilidade e uso eficiente de energia, (PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – PNEf, 2009)

O reaproveitamento de resíduos com características de subprodutos utilizados em novos processos e produtos possibilita menor consumo da energia, visto que parte dessa energia já foi empregada no antigo processo e poderá ser reaproveitada na produção de novos materiais.

Quando há a proposição de reutilização destes resíduos, somados a captação de energias renováveis, cria-se um efeito na cadeia produtiva, que reverterá em ganho exponencial quando vinculado ao fator (tempo/ação), na redução do consumo de energias convencionais.

3.1. Condutividade Térmica

Condução ou Difusão é o fenômeno físico responsável pela transferência da energia coletada por radiação e transformada calor pela ativação de elétrons. Enquanto a radiação ocorre sendo favorecida pela ausência de matéria (vácuo), a condução de energia entre dois sistemas somente ocorre enquanto há contato material entre os dois. Nesse caso, ela ocorre com uma densidade de fluxo que é descrita pela Lei de Fourier, onde o fluxo de calor é a quantidade de energia que flui através de uma unidade de massa, por unidade de tempo. Nesse princípio a equação, ΔT (K ou °C) é a diferença de temperatura entre os dois sistemas e Δx (m) é a distância. Denomina-se o quociente $\Delta T / \Delta x$ (K/m) de gradiente térmico. O sinal negativo aparece na equação para indicar que a energia flui do ponto de maior temperatura ao de menor temperatura contrária a gradiente térmica. Pela equação verifica-se, portanto, que a densidade de fluxo de energia é proporcional a gradiente térmica conforme o fator de proporcionalidade (λ), denominado de condutividade térmica. A unidade da condutividade térmica, $W m^{-1}K^{-1}$ é uma propriedade do material pelo qual a condução ocorre, e seu valor pode ser determinado

experimentalmente. Para os principais materiais utilizados no estudo os valores são listados na seguinte tabela:

Tabela 01 – Índices de características térmicas em materiais de construção

Materiais Utilizados na Construção Civil	Massa Específ. Kg/m ³	Condutividade Térmica	Calor Esp.	Difusidade	Efusividade
Concreto	2200	1,75	0,28	20,4	1078
Alumínio	2700	230,00	0,22	3872,1	136620
Argam. de Cimento	1800	1,15	0,29	19,8	667
Silica	1800	1,50	0,43	12,3	3,56
Água	1000	0,58	1,17	5,0	679

FONTE: PROTOLAB – Laboratório de propriedade termofísicas e prototipação

3.2. Massa específica e porosidade

A massa específica aparente (ρ_a) e a porosidade aparente (PA) quantificam somente o volume de material sólido e o dos poros fechados. Já a massa específica geométrica (ρ_g), a massa específica volumétrica (ρ_v) e a porosidade total (PT) quantificam também os poros abertos. A massa específica geométrica será determinada através da razão entre a massa de material e seu volume obtido através da medida de suas dimensões. Já a massa específica volumétrica e a massa específica aparente serão obtidas através do método de imersão. Nesse procedimento, os corpos de prova foram imersos em água por 24h num processo de desareação. Após esse período de encharque, serão avaliadas a massa imersa (m_i), a massa úmida (m_u) e a massa seca (m_s) para a determinação da massa específica e da massa unitária.

A transmitância térmica de um componente é um bom parâmetro para analisar o desempenho térmico, onde há variação de temperatura e radiação, parte do ganho de calor acumulado deve ser armazenado. O tempo de atraso e o amortecimento do calor transmitido são devidos a características físicas do material, espessura de propagação e densidade (massa específica do material).

O calor específico define a quantidade de calor necessária para elevar em um grau a temperatura de um componente, por unidade de massa. Sua unidade é o J/kg K ou Wh/kgK. Segundo (YANNAS e MALDONADO,1995), a diferença de capacidade de armazenamento de calor entre materiais é revelada quando se analisa a capacidade calorífica volumétrica.

A capacidade calorífica (c) volumétrica determina a capacidade de o material armazenar energia térmica. Em (INCROPERA e DE WITT, 1992) encontra-se a capacidade calorífica volumétrica como o produto entre a densidade (ρ) e o calor específico (c), sua unidade é J/m³K.

3.3. Resíduos industriais

Atualmente existem três correntes de estudo para problemática dos resíduos industriais.

- i. No processamento e disposição dos resíduos em aterros, há custos de operação cada vez maiores e poucas alternativas de locais para disposição devido ao esgotamento da capacidade de armazenagem, ou dificuldades de obter permissão na implantação de novos aterros devido a manifestação de comunidades locais.
- ii. Evitar a geração de resíduos ou minimizá-los no processo de origem.
- iii. Reciclagem externa apresenta melhor solução para controlar custos e gerar algum retorno financeiro para os geradores, quando transformam resíduos em subproduto ou matéria-prima para fabricação de elementos da construção civil.

A escória de aciaria, adicionada à produção de cimentos como parte de substituição ao clínquer, reduz o consumo de energia na produção de cimento e minimiza o custo referente à

disposição da escória. No Brasil, estima-se que a indústria de cimento utiliza somente 50% do volume disponível; o excedente acarreta custos elevados de disposição e estocagem para a Indústria Siderúrgica (SILVA *et al.*, 1996), além de apresentar riscos para o meio ambiente.

3.4. Características físicas dos agregados - escória

A escória de aciaria pode ter variadas aplicações como matéria prima para fabricação do cimento, traços de concretos e argamassas, agregados finos que aumentem a massa específica ou otimizem o princípio da condutividade térmica (KRUGER, 1995).

A adição de escória de aciaria pode provocar muitas melhorias nas características de empacotamento na argamassa, tanto no estado fresco quanto no endurecido. A mistura e amassamento serão coesivos e a fluidez controlada devido a melhor distribuição das partículas que absorvem pouca água na utilização de prensas vibratórias. (CRUZ, 2003) A adição de escória e a superfície lisa destas partículas, que absorvem pouca água resultam no desprendimento de calor mais lentamente, devido a velocidade das reações com baixa hidratação.

Em sua microestrutura, torna a pasta de cimento mais densa, devido a maior formação de C-S-H, melhorando a resistência mecânica e durabilidade. (NEVELLE, 1997). Essa maior densidade na matriz proporciona a escória maior resistência à penetração de cloretos e ao ataque por sulfatos. Também permite o controle da reação álcali-silica, devido à redução na mobilidade dos álcalis.

As escórias podem ser moídas e graduadas para variados usos como agregados: miúdo e finos ou serem apenas britados como agregado graúdo. As escórias mais utilizadas para este fim são as de resfriamento lento.

As propriedades dos agregados variam com a sua composição e a velocidade de resfriamento. As escórias de resfriamento lento apresentam uma estrutura veicular ou celular, de massa específica entre 2,0 e 2,8kg/dm³ e massa unitária entre 1.12 e 1.36kg/dm³.

Situam-se, na faixa entre o agregado normal e o leve estrutural (MEHTA e MONTEIRO, 1994). Estes autores chamam a atenção para o fato de a escória poder apresentar um teor excessivo de sulfeto de ferro, que poderá ocorrer problemas de manchas e afetar a durabilidade.

Quando, (SILVA E ALMEIDA,1986) realizaram ensaios com escória granulada como agregados, em argamassas e concreto, os resultados indicaram que o desempenho da escória é compatível com o da areia.

Os agregados de basalto serão utilizados no estudo após caracterização tais como blocos de alvenaria, pisos intertravados, mourões, canais, telhas, etc..

A tabela abaixo demonstra caracterização dos agregados utilizados no estudo:

Tabela 02 – Especificações Técnicas dos agregados utilizados

AGREGADOS	Ø Max. (mm) NBR7211	Massa específica (g/cm ³) NBR9776	Massa unitária (g/cm ³) NBR7251
Finos de basalto	# 0,18	3,00	1,425
Finos de escória	# 0,47	3,57	1,5 – 1,7
Fibras de Alumínio	# 0,02/l = 0,2	2,75	1,38
Cimento ARI-V	325% - # 0,044	3,17	-

Fonte:ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

3.5. Fibras de Alumínio

O alumínio é o metal mais reciclado e utilizado depois de ferro. A escória de alumínio é um subproduto da fusão, definindo-se como um líquido espesso, que tem comportamento de fase sólida formada na superfície do banho líquido (ABAL, 2007), onde ficam retidos componentes contaminantes, juntamente com sais ou demais produtos adicionados ao processo, mas em especial, a presença de porções de alumínio metálico, finamente divididos, e por este fato ela é considerada um importante subproduto.

As fibras de alumínio utilizadas no estudo foram produzidas com cavado de torno mecânico, coletadas em processo de triagem para não haver contaminação, posteriormente enxaguadas em sistema fechado de água para retirada de lubrificante solvente em água anteriormente utilizado na usinagem da peça e triturado em moinho de facas alternadas com 300,00mm e espaçamento entre facas de 4,0mm, gerando fibras nas dimensões de 0,2X20,00mm para então serão incorporados ao traço de argamassa.



Figura 01: Cavacos de torno mecânico, provenientes da usinagem de peças de alumínio.



Figura 02: Moinho montado com facas alternadas. Motor 7,5cv e 3.750 rpm. Produz 300, 0kg/h.

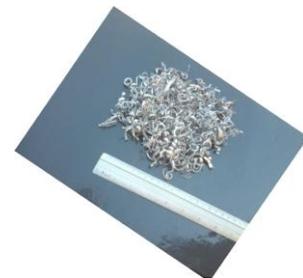


Figura 03: Fibras de alumínio utilizadas como adição na argamassa, 0,2X20,00mm

4. MÉTODO e MATERIAIS

A pesquisa à ser apresentada na dissertação será do tipo descritiva experimental, realizada no Laboratório de Aglomerantes do Departamento de Construção Civil do Centro de Tecnologia e Urbanismo (CTU), da Universidade Estadual de Londrina UEL.

O princípio físico de estudo considera a condutividade térmica como a propriedade isotrópica e homogênea de um material, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1W/m², quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro.

Como parâmetro metodológico de avaliação, será adotada a NBR 15220:2003 da (ABNT/CB-02) - Comitê Brasileiro de Construção Civil seguindo princípios determinados para: Desempenho Térmico de Edificações - Parte 4: Medição da Resistência Térmica e da Condutividade Térmica pelo princípio da Placa Quente Protegida. Porém, os corpos de prova terão formas cilíndricas ou circulares, devido a condicionante de serem moldados recebendo cargas elevadas para se eliminar vazios no traço da argamassa, estabelecer melhor empacotamento e aumentar a compacidade da argamassa de modelagem .

Serão equipamentos construídos e operados segundo normas técnicas correspondentes capazes de determinar propriedades térmicas da argamassa com incerteza de medição menor do que 3% e um grau repetitivo maior do que 1%.

Neste estudo será utilizado o Método do Fio Quente Paralelo com sonda de dimensões reduzidas, usados para determinar a condutividade e difusividade térmica do material . Este método se baseia na geração por inversor de micro pulso, de uma corrente elétrica contínua sendo captada AQDADOS 5 para Windows (Lynux Tecnologia Eletrônica Ltda), que passa através de um fio

de resistência, gerando calor detectado por uma sonda instalada na amostra conectada a um TERMOPAR do tipo “K”, sendo os dados transmitidos a um software que os decodifica graficamente. Pela dissipação do calor é possível avaliar a condutividade térmica do material.

Para determinar a difusividade térmica minimiza-se uma função erro, definida pelo quadrado da diferença entre a temperatura experimental e a numérica. A temperatura numérica é obtida pela solução da equação da difusão unidimensional em coordenadas cilíndricas utilizando o Método de Diferenças Finitas com formulação explícita. Este estudo utilizará sondas com pequenas dimensões, possibilitando também ensaiar em corpos de prova menores, além de apresentar um novo dispositivo para fixar os componentes.

A condutividade térmica alta tem capacidade de armazenamento de calor baixa. Para os materiais de construção mais comuns, o valor da difusividade térmica é na faixa de $5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$. e esse método também permite avaliar a difusividade do material que é alta para materiais de efusividade térmica alta que é caracterizada pela facilidade que o calor pode ser absorvido pela superfície do materiais.

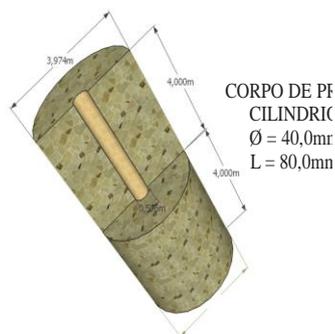


Figura 04: Corpo de prova cilíndrico

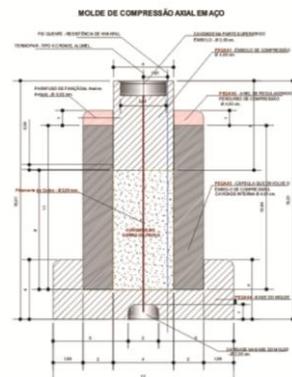


Figura 05: Molde em aço para modelagem por compressão

4.1. Escolha de agregados extraídos de resíduos industriais da construção civil

A escolha dos agregados está relacionada à melhor eficiência em condutividade térmica constatada em ensaios de laboratório. Serão primariamente, utilizados agregados originários de basalto e escória de alto-forno, observando disponibilidade de aquisição, compatibilidade com os princípios do estudo na relação água/cimento com pouca hidratação no amassamento, e atendimento à Norma Técnica NBR13529:1995 no controle de qualidade, desempenho e durabilidade.

5. Máquinas e Equipamentos que serão utilizados na pesquisa



Figura 06 – Moinho de bolas de Aço para ajuste dos agregados



Figura 07 – Termopar tipo “K” para medir a condutividade térmica da argamassa



Figura 08 – Resistência tubular com 40W para geração de calor nos ensaios



Figura 09 - Argamassadeira basic., cap. de 50l.

5.1. Análise Estatística de Resultados dos Experimentos

Os valores de condutividade térmica, estarão no intervalo de temperatura estudados estarão entre 45°C e 68°C e espera-se que sigam uma função linear devido à essa variação térmica. A partir da linha de tendência traçada será possível determinar os valores de condutividade térmica da argamassa no intervalo em relação a massa específica. Serão ensaiados 03 corpos-de-prova cilíndricos dos traços considerados, partindo de uma media e serão determinados os valores da condutividade térmica. Como o maior interesse será obter esse resultado em relação a massa específica do traço desenvolvido, acredita-se estar entre (1800 e 2600 kg/m³), será possível determinar por meio da função linear valores medidos nas simulações computacionais. Estima-se encontrar valores com parâmetros indicados pela NBR 15220:2003.

O princípio físico do aumento da condutividade térmica está diretamente relacionada ao aumento de massa específica, ou seja, os valores da condutividade térmica são influenciados pela densidade de seus agregados condutores.

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 pelo Termopar, 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 pelo fio 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.

5.2. Caracterização dos Corpos de Prova

Os corpos de prova que serão utilizados para ensaios de resistência mecânica e condutividade térmica terão formas planas e cilíndricas. Em ambos os casos, serão analisados em 03 ou 04 pontos distintos, enquanto que na massa específica volumétrica o volume é determinado através do princípio de Arquimedes, portanto uma medida mais precisa é a massa específica geométrica (2,5 g/cm³ < ρ_g < 3,45 g/cm³) será relacionada com a condutividade térmica exponencial.

5.3. Dosagem do Traço

Adotar o método de dosagem e controle de qualidade onde: argamassa é um mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo aditivos ou adições, com no mínimo 1.900,00Kg/m³ e propriedades de aderência e endurecimento determinantes na dosagem de argamassas contidas na NBR13529:1995 e formato e resistência da NBR 9781:1987 das peças pré-moldadas.

A proporcionalidade dos materiais constituintes da argamassa é expressa em massa, tomando-se como referência o cimento.

Tabela 03 – Traço inicial para modelagem e Ensaio (Fibras de Alumínio 10 a 15%)

Traço Simples de (1: 3)/0,5% adit./5% hidratação e 10 a 15% fib. de alumínio

Relação de Agregados: Cimento, Finos de Basalto/Escória/Fibras de Alumínio/Água.

FONTE: UFB – Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais – GEMAC.

A escória será ensaiada nas proporções de (10, 15, 25 e 40)% e a sílica nas proporções de (2,0, 3,0, 4,0 e 5,0)% em relação do agregados finos.

Os ensaios com os corpos de prova serão realizados aos: 01, 07, 14 e 28 dias e serão curados em câmara úmida com temperatura controlada em 24°C.

Serão observadas as principais como base para determinar do traço ótimo: Proporção granulométrica dos agregados disponíveis, Módulo de finura da argamassa (MFA), Consumo de cimento por m³, Teor ou consumo de água por m³, Teor da pasta de cimento.

O termo: “argamassa pouco hidratada” é aplicado as argamassas cuja umidade geralmente varia entre 6% e 8% (FRASSON JUNIOR, 2000), umidade esta que faz com que elas possuam abatimento zero.

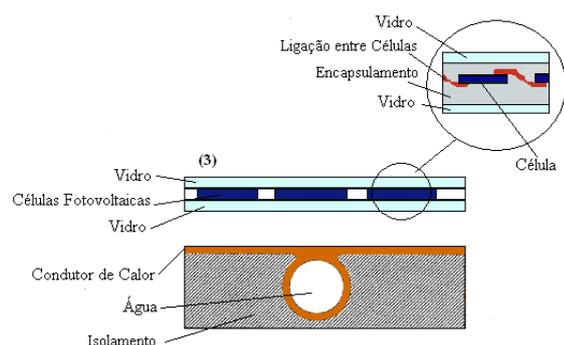
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil até 2010, existiam 6.240.000m² de coletores instalados destinados ao aquecimento de água, sendo a previsão da DASOL – Departamento Nacional de Aquecimento Solar é de que esse número chegue a 15.000.000m² em 2016.

Estima-se que o presente estudo, possa contribuir para a meta acima descrita e mais objetivamente: em sistemas destinados ao aquecimento de água, redução na demanda de energias convencionais não renováveis e reutilização de materiais residuais da indústria da construção civil.

Em estudos futuros, poderá estar integrado em sistema híbrido de placas fotovoltaicas interligadas em série com painéis solares.

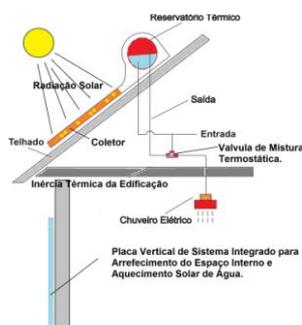
Espera-se alcançar temperaturas entre de 65°C a 70°C no fluxo d’água forçada (bombeada), variando em volume aquecido de acordo com o número de placas instaladas.



ertura

**FIGRA 10 – Sistema Híbrido:
Aquecimento solar de água e geração de
energia fotovoltaica**

FONTE: (MARQUES, 2008) - FEUP



**FIGRA 11 – Posicionamento do
sistema na elevação ou cobertura da
edificação**

O uso desse sistema tradicionalmente instalado na cobertura, também poderá ser utilizado como elementos construtivos em elevações de edificações com maior incidência solar oferecendo melhor controle da inércia térmica e arrefecimento do espaço interno.

7. REFERÊNCIAS

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

GUIMARÃES, P. T. Cícero - FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA – Edição Digital – COPEL – 2012.

PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – PNEf, - Ministério de Minas e Energia – 2 009 – BRASÍLIA – DF.

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

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

NBR 12269 (ABNT) – Execução de Instalações de Sistemas de energia Solar que Utilizam Coletores Planos para Aquecimento de Água – Associação Brasileira de Normas Técnicas - 1992.

NBR13529 (ABNT) - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. **ABNT**- Associação Brasileira de Normas Técnicas – 1995.

NBR 9781 - Peças de Concreto para Pavimentação - Pavimento intertravado - Especificação (13/09/2010) ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland - 1987.

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

SILVA FILHO, L. C. P. – Durabilidade do concreto à ação de sulfatos: análise do efeito da permeação da Água e da adição de micro sílica –Porto Alegre – 1994 -143p. –
Dissertação de Mestrado: Curso de pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GEYER, Rejane Maria Tubino, - Estudo sobre a Potencialidade de uso das Escórias de Aciaria como Adição ao Concreto – Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM – 2001.

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

CRUZ, L. O. M. (2003) – Pavimento Intertravado de Concreto - Estudo dos Elementos e Métodos de Dimensionamento – Rio de Janeiro.

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

SILVA, E.; **ALMEIDA**, C. - Escória de alto-forno granulada como agregado miúdo para argamassa e concreto. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AGREGADOS, 1., 1986, São Paulo. Anais. São Paulo, 1986, p.255-273.

ABAL – Relatório de Sustentabilidade da Indústria do Alumínio 2006/2007.

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.

FRASSON JÚNIOR, A. F. (2000). Metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para a alvenaria estrutural. 146p. Florianópolis.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

MARQUES, *Ricardo L. M. da Rocha Pereira* - Avaliação da Viabilidade de Colectores Híbridos Fotovoltaicos e Térmicos para Aplicação ao Aquecimento de Águas e Micro-Geração de Electricidade – FEUP – Portugal – 2008.