

ISOLAMENTO TÉRMICO EM PLACAS DE CONCRETO PRODUZIDO COM AGREGADO LEVE

THERMAL INSULATION OF CONCRETE BOARDS MADE WITH LIGHTWEIGHT AGGREGATE

Gabrielli Tápia de Oliveira, Graduada em Engenharia Civil e bolsista do Programa de Educação Tutorial, UNIJUÍ

gabrielli.oliveira@sou.unijui.edu.br

Eric Renã Zavitzki Schimanowski, Graduando em Engenharia Civil e bolsista do Programa de Educação Tutorial, UNIJUÍ

eric.schimanowski@sou.unijui.edu.br

Tenile Rieger Piovesan, Mestre em Engenharia Civil, UNIJUÍ

tenile.piovesan@unijui.edu.br

Diorges Carlos Lopes, Mestre em Engenharia Civil, Docente da UNIJUÍ

diorges.lopes@unijui.edu.br

Resumo

Devido aos constantes avanços tecnológicos torna-se relevante que sejam realizadas pesquisas acerca da implantação de materiais alternativos no concreto que aprimorem seus aspectos econômicos, sustentáveis e técnicos. Desta maneira, o presente estudo visa avaliar a inserção de argila expandida nesse como um agregado em substituição à brita nas porcentagens de 30% e 70% em massa, objetivando um melhor desempenho térmico e torná-lo leve. Para isso foram moldadas placas de concreto ensaiadas aos 180 dias de idade em uma câmara térmica. Assim, conforme presente em bibliografias, a característica da argila expandida de aumentar o isolamento térmico foi verificada, sendo a substituição de 70% a mais eficiente.

Palavras-chave: Isolamento térmico; Agregado leve; Conforto térmico.

Abstract

Due to the constant technological advances, it becomes relevant that researches are carried out about the implantation of alternative materials in the concrete to improve its economic, sustainable and technical aspects. In this context, this study aims to evaluate the insertion of expanded clay in it as an aggregate to replace gravel in the percentages of 30% and 70%, aiming at a better thermal performance and making it lightweight. For this, concrete boards were molded and tested at 180 days of age in a thermal chamber. Thus, as in bibliographies, the expanded clay's characteristic of increasing thermal insulation was verified, with 70% substitution being the most efficient.

Keywords: Thermal insulation; Lightweight aggregate; Thermal comfort.

1. Introdução

Conforme Rossignolo (2009) o concreto produzido com cimento Portland é o material da construção civil mais utilizado no mundo. De aplicação ampla, pode ser encontrado em elementos estruturais, decorativos e de vedação tendo como principais vantagens a alta durabilidade, grande resistência à compressão e facilidade de moldagem em formas variadas no estado fresco (ALMEIDA, 2002). Entretanto, apesar dos benefícios oferecidos pelo concreto, seu peso elevado é um aspecto limitador na medida em que gera grandes esforços sobre as estruturas de fundação, impactando no custo das edificações, e dificulta o transporte e manuseio de elementos pré-moldados.

A partir disso, o concreto leve surge como uma alternativa que tem por objetivo a redução de massa específica através da implementação de agregados leves, retirada de finos ou incorporação de ar na mistura (ROSSIGNOLO, 2009). No caso do uso de agregados leves, tem-se que, visando a obtenção de um concreto leve estrutural, recomenda-se a utilização da argila expandida, que pode ser incorporada através de substituições parciais ou totais do agregado graúdo. Ademais, salienta-se que há outros agregados leves disponíveis no mercado, porém o uso desses está limitado apenas a produção de concretos leves isolantes que não preservam características para uso com fins estruturais.

Nesse contexto, torna-se relevante mencionar que o emprego da argila expandida proporciona uma melhora no isolamento térmico e acústico devido à porosidade em seu interior, entretanto, algumas propriedades mecânicas podem ser prejudicadas. Essa situação foi verificada na pesquisa desenvolvida por Oliveira *et al.* (2021), em que um concreto leve produzido com argila expandida em substituição a brita obteve valores de resistência à compressão bastante inferiores ao concreto convencional. Contudo, mesmo com essa redução, salienta-se que o concreto leve obtido apresentou condições adequadas, permitindo sua aplicação como elemento estrutural.

Segundo Scobar (2016), a implementação de blocos e painéis produzidos com concreto leve é uma alternativa a ser considerada como vedação externa, isso porque a principal forma de troca de calor entre ambientes internos e externos de uma edificação ocorre por meio desse sistema. Nesse sentido, fica evidente a necessidade de constantes estudos acerca de materiais que aprimorem o desempenho térmico nas vedações das edificações. Dessa forma, os ambientes ficam mais confortáveis termicamente e habitáveis sem que sejam necessários grandes consumos de energia através de sistemas de resfriamento artificiais.

Portanto, a fim de avaliar o desempenho térmico de um concreto leve foram confeccionadas placas retangulares com 30% e 70% de substituição do agregado graúdo por argila expandida nos traços calculados que, posteriormente, foram ensaiadas em câmara térmica. Esse procedimento se deu objetivando simular um elemento de vedação exposto a uma fonte de calor ao longo de determinado tempo visando avaliar a eficiência do material ensaiado.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Concreto leve

De acordo com Mehta e Monteiro (2006), o concreto pode ser entendido como um material que consiste de um meio de ligação em que são inseridas partículas ou fragmentos

de agregados com diferentes dimensões. O ligante utilizado com maior frequência é o Cimento Portland que reage com a água e forma um composto que endurece e ganha resistência ao longo do tempo. Já quanto aos agregados, geralmente utiliza-se, para os graúdos, pedras britadas ou cascalhos e, para os miúdos, areia ou pó de pedra (ALMEIDA, 2002).

Já quanto ao concreto leve, a ANBT NBR 12655 (2015) o caracteriza a partir da massa específica, sendo necessário que essa seja inferior a 2000 Kg/m³ no estado endurecido. Entretanto, essa definição pode ser tanto de caráter mais aprofundado quanto mais limitado, dependendo da bibliografia e do autor estudados, visto que há uma ampla quantidade de publicações disponíveis relacionadas a esse tema (LOUTOU; HAJJAJI, 2017).

Apesar de o concreto leve priorizar a redução da massa específica em detrimento à resistência, há um valor mínimo a ser alcançado ao realizar ensaios de compressão. Mehta e Monteiro (2006, p. 451) definem os concretos leves estruturais como “aqueles que possuem uma resistência à compressão, aos 28 dias de idade, superior a 17 MPa e uma massa específica seca ao ar aos 28 dias de idade não superior a 1850 Kg/m³”.

Outrossim, a execução do concreto leve se dá a partir da incorporação de aditivos expansores que formam pequenas bolhas de ar no interior da mistura ou, também, através da substituição dos agregados convencionais por materiais que promovam redução em seu peso. Pode-se citar como exemplo desses materiais o poliestireno, vermiculita, pedra-pomes, argila expandida, dentre outros. Nesse sentido, é importante salientar que a argila expandida é o agregado leve mais indicado para a fabricação de estruturas (ROSSIGNOLO, 2009). Ainda, conforme Neville (2013), o concreto leve é capaz de reduzir custos de estrutura e de fundações em função de seu peso reduzido e da menor carga aplicada nessas.

2.2 Argila expandida

De acordo com Ambrozewicz (2012), a argila expandida é um agregado de forma arredondada produzido a partir de argilas piroexpansivas expostas a fontes de calor de altas temperaturas. Próximo aos 1200°C, uma parte dos constituintes se funde enquanto outra se decompõe quimicamente e libera gases que acabam expandindo o material e assim o mesmo permanece após o resfriamento (MORAVIA *et al.*, 2006). Ademais, a fabricação pode ocorrer por sinterização ou através de fornos rotativos, sendo que, quando há o objetivo de implementar o agregado no concreto, o melhor é o último processo pois a argila resultante possui o interior poroso e uma camada de proteção externa (SCOBAR, 2016).

Nesse sentido, levando em conta a fabricação da argila, verifica-se que a mesma é altamente porosa e, portanto, leve, se comparado a outros agregados (MORAVIA *et al.*, 2006). Essa característica é de grande importância para o estudo da implementação desse agregado no concreto, na medida em que o mesmo tende a diminuir a massa específica da mistura e, assim, atenuar os esforços solicitantes nas estruturas. Assim, para Moncada *et al.* (2019), entre as principais vantagens de utilizar a argila expandida como agregado para concreto estão a baixa densidade, que pode ser até 2,5 vezes menor que a brita, e a inércia química, que evita efeitos adversos sobre a pasta de cimento ou a armadura.

Scobar (2016), aponta, ainda, que o material é comumente utilizado em indústrias têxteis, paisagismo e decoração, isolamento térmico e enchimento leve, mas pode, também, ser utilizado como agregado para concreto estrutural, desde que sejam tomadas medidas que diminuam o impacto da absorção de água do material. Ainda, de acordo com Rossignolo

(2009), além de o concreto leve apresentar diminuição da massa específica, a utilização de agregados como a argila expandida pode, também, ocasionar alterações significativas em outras propriedades como módulo de deformação, relação água cimento, resistência mecânica, durabilidade, estabilidade dimensional e isolamento térmico.

2.3 Conforto térmico

O conforto térmico faz referência ao contentamento do homem com o ambiente ao seu redor (ASHRAE, 1997). De acordo com Lamberts (2016) o desempenho de uma edificação se mostra insatisfatório em relação às suas características térmicas quando provoca uma sensação desagradável oriunda do calor ou do frio, quando o balanço térmico da região é instável e o calor perdido para o ambiente e o produzido pelo corpo humano são discrepantes.

Porém, torna-se relevante ressaltar, como o conceito de conforto térmico faz alusão a percepções humanas, esse depende amplamente de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos (LAMBERTS, 2016). Os fatores físicos tratam a respeito da interação entre o calor do corpo com o ambiente ao redor, considerando questões como, por exemplo, temperatura e umidade relativas do ar. Já os fatores fisiológicos tratam a respeito das reações fisiológicas do organismo quando exposto durante um tempo a uma determinada condição térmica. Por fim, os fatores psicológicos tratam acerca das divergências entre a percepção do homem e a resposta a estímulos sensoriais obtida (LAMBERTS, 2016).

Segundo Fanger (1972), após realizar diversos experimentos, o conforto térmico possui como variáveis principais a pressão de vapor de água, temperatura do ar, velocidade relativa do ar, temperatura radiante média, metabolismo e vestimenta dos indivíduos. Por fim, conforme Bello (2013), tendo em vista que as variáveis climáticas que impactam no conforto térmico dos ambientes não podem ser alteradas é necessário foco e preocupação para desenvolver projetos de edificações que ofereçam ambientes convenientes e adequados aos usuários.

2.4 Desempenho térmico

De acordo com Bezerra (2003), a energia térmica do meio é incorporada à edificação a partir de radiação e/ou convecção e, tendo em vista a divergência de temperatura entre as faces externa e interna de uma parede, ocorre entre essas um fluxo de calor por condução. Entende-se, ainda, que a radiação é uma troca de calor que se dá com o auxílio de ondas eletromagnéticas (OLIVEIRA; RIBAS, 1995). Já a convecção, conforme Frota e Schiffer (2001, p. 32), refere-se a “troca de calor entre dois corpos, sendo um deles sólido e o outro um fluido”. Ainda, para as mesmas autoras, a condução representa a troca de calor presente entre partes de um mesmo corpo com diferentes temperaturas ou entre dois corpos em contato físico.

Ademais, torna-se relevante mencionar, conforme Bezerra (2003) a intensidade do fluxo de calor transmitido depende da espessura da parede, densidade do material, condutividade térmica e capacidade calorífica. Ainda, materiais de baixa densidade possuem condutividade térmica baixa devido à porosidade e ao ar confinado em seu interior, tornando mais difíceis as transferências de calor (LAMBERTS et al, 2014).

A Figura 1 apresenta um esquema representativo de uma parede que possui o Sol como principal fonte fornecedora de calor. Observa-se, ainda, a demonstração da situação mencionada referente às trocas de calor e os meios através dos quais essas se dão.

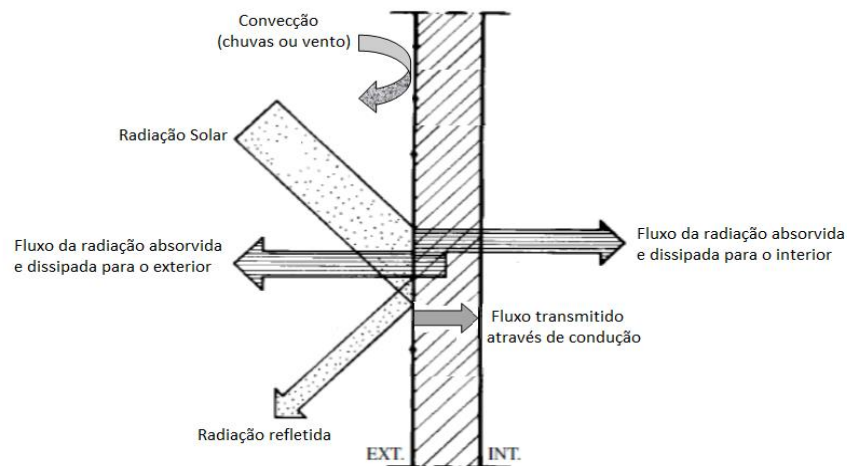


Figura 1: Trocas de calor em uma parede. Fonte: Adaptado de Frota e Schiffer (2001).

Segundo Lamberts *et al.* (2014) cerca de 20% do consumo de energia elétrica é ocasionado pela utilização de ar condicionado em edificações. Ainda, segundo o mesmo autor, esse valor pende a um crescimento em um futuro próximo conforme cresce o poder aquisitivo da população e, também, devido a não adequação das edificações ao clima. A partir disso destaca-se a importância de estudo acerca de meios do isolamento térmico nas edificações, buscando redução no consumo energético objetivando a sustentabilidade e promovendo conforto e uso adequados dessas.

Em concordância com Mascarô e Mascarô (1992) pode-se definir o isolamento térmico a partir da dificuldade oferecida pelos materiais componentes das fachadas, pisos e tetos à trocas de calor entre ambientes externos e internos. Para os autores ressalta-se, ainda, a necessidade de escolha de materiais adequados conforme o clima da região para que o isolamento apropriado seja realizado.

Frota e Schiffer (2001) mencionam que o conceito de isolamento térmico adotado antigamente fazia referência ao uso de materiais espessos e de grande massa, entretanto, devido aos avanços tecnológicos, atualmente é possível adequar o projeto às condições do edifício, clima e materiais ideais. Ademais, a necessidade de promover isolamento em uma edificação depende amplamente da região na qual essa está localizada. Cita-se como exemplo as diferenças presentes entre países da Europa e o Brasil, pois nos primeiros prioriza-se a conservação do calor no interior das edificações enquanto no segundo, em grande parte de sua extensão, o objetivo é impedir a entrada acentuada de calor nas edificações (THOMAZ; ISHIOKA, 2001).

Lamberts (2016) ressalta que a importância de estudos acerca de conforto e isolamento térmico baseia-se, principalmente em três fatores. Para o autor, o primeiro fator refere-se ao sentimento de satisfação e bem-estar do homem quando esse se encontra em um ambiente termicamente adequado. Já o segundo menciona a produtividade, tendo em vista que diversos estudos demonstram que essa sofre impactos devido a desconfortos em função de calor ou do frio. E, por fim, o terceiro fator trata a respeito de conservação de energia, pois

encontrar ambientes condicionados artificialmente tornou-se algo comum atualmente, mesmo que o uso de sistemas de calefação e refrigeração possam ser evitados. (LAMBERTS, 2016).

3. Procedimentos Metodológicos

3.1 Caracterização dos materiais e dosagem do concreto

Com o objetivo de encontrar um traço para o concreto, o aglomerante e os agregados foram ensaiados conforme sugerem as normas técnicas brasileiras. Nesse sentido, para esse estudo utilizou-se o cimento CP-V-ARI da marca Cauê, com o intuito de oferecer maior resistência à pasta de cimento nas idades iniciais. O mesmo tem resistência esperada aos 28 dias de 40 MPa e foi ensaiado quanto à massa específica através da norma ABNT NBR NM 23 (2001).

Já quanto aos agregados, foi utilizada a areia grossa e a brita 0 disponíveis no Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da universidade, que foram caracterizadas através da obtenção dos valores de massa específica a partir das normas ABNT NBR 9776 (1987) e ABNT NBR NM 53 (2003). Além disso, também foram realizados os ensaios de massa unitária solta e compactada através da ABNT NBR NM 45 (2006) e granulometria pela ABNT NBR 7217 (1987). Já quanto à argila expandida 1506, foram usados os dados fornecidos pela empresa fabricante do material. Na Figura 2 pode-se observar uma comparação de dimensões entre a argila expandida e a brita.



Figura 2: Comparação entre argila expandida e brita. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ademais, para o estudo realizado optou-se por utilizar o método de dosagem do concreto da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Para isso, foi definido que a resistência estimada aos 28 dias seria de 25MPa e o abatimento em tronco de cone seria igual a 100 mm. Nesse sentido, a argila expandida foi implementada no concreto como substituição parcial da brita em massa, nas porcentagens de 30% e 70%, utilizando-se o mesmo traço calculado para uma moldagem referência.

3.2 Ensaios do concreto fresco

A produção do concreto foi mecanizada, com utilização de betoneira, sendo que a argila utilizada na mistura estava saturada. Já a moldagem foi realizada de forma manual, de duas

formas diferentes. Foram fabricados, de acordo a norma ABNT NBR 5738 (2015), corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm para a realização de ensaios de compressão e tração por compressão diametral. Ademais, foram moldadas placas de concreto em fôrmas retangulares de madeira com dimensões 40x20x10cm e o adensamento foi realizado em um agitador mecânico durante cerca de 20 segundos, conforme observado na Figura 3.



Figura 3: Adensamento do concreto fresco. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Durante as moldagens, o concreto foi ensaiado quanto ao abatimento em tronco de cone através da ABNT NBR NM 67 (1998). Para cada moldagem objetivou-se encontrar abatimento igual a 100 mm com tolerância de 10 mm, adicionando-se água sempre que necessário, o que impactou diretamente no fator água/cimento. Ademais, também foi realizado o ensaio de massa específica no estado fresco através da ABNT NBR 9833 (2009) para as moldagens referência e com substituições de argila expandida. Por fim, após 24 horas da moldagem, as placas foram desmoldadas e levadas até a câmara úmida para a continuação do processo de cura onde permaneceram durante 7 dias.

3.3 Ensaio de transferência de calor

Esse ensaio é realizado em uma câmara térmica de formato cúbico que busca medir a condução de calor na placa e, assim, determinar se a energia térmica conduzida é menor nos concretos com argila. A câmara se assemelha a uma caixa de madeira revestida por material isolante na parte interna, que abriga uma fonte de calor. Ademais, a mesma possui uma de suas faces abertas, na qual é colocada a placa de concreto e realizado o ensaio.

Dessa maneira, são instalados termopares centralizados em duas faces, fixados com silicone. Um deles (T1) é posto na superfície da placa que está exposta à fonte de calor e tem por objetivo simular o lado externo de uma parede de concreto. Já o segundo termopar (T2) é posto no centro da superfície oposta à lâmpada e simula a face interna de uma parede. Além disso, outro termopar (T3) mede a temperatura ambiente do local onde o ensaio ocorre.

Sendo assim, o ensaio foi realizado em 3 placas de concreto com 180 dias de idade, sendo uma com concreto referência, outra com substituição de 30% de argila e outra com 70%. A coleta das temperaturas foi realizada nos três termopares (T1, T2 e T3) a cada 30 minutos em um intervalo de 12 horas, ou seja, até a constância de temperatura. A realização do ensaio pode ser observada na Figura 4.

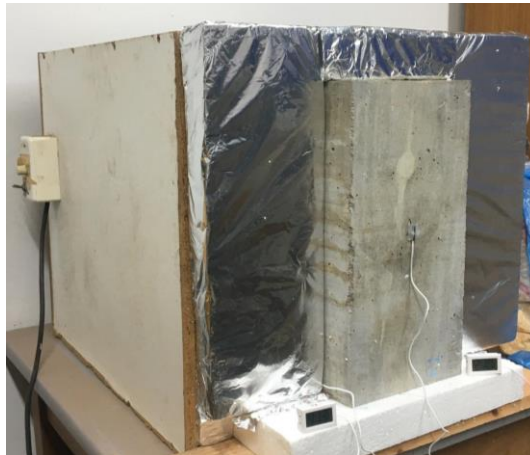


Figura 4: Placa ensaiada na câmara térmica. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4. Resultados e Discussões

Quanto ao cimento Portland, no ensaio de massa específica o valor obtido foi de 3,02 g/cm³. Já para os agregados utilizados pode ser observado, na Tabela 1, os resultados obtidos para a brita 0 e a areia grossa.

Propriedade	Areia Grossa	Brita 0
Massa específica (Kg/m ³)	2580	2860
Massa unitária solta (Kg/m ³)	1610	-
Massa unitária compactada (Kg/m ³)	-	1510
Absorção de água (%)	-	1,85
Módulo de finura (mm)	2,75	5,86
Diâmetro máximo (mm)	4,8	9,5

Tabela 1: Valores obtidos para a caracterização dos agregados. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A partir dos dados de caracterização, o traço obtido foi de 1:2,23:2,04:0,57 respectivamente para cimento:areia:brita:água. Já na Tabela 2 são apresentados os dados fornecidos pelo fabricante para a argila expandida utilizada nas moldagens. Como pode ser observada, a porosidade é alta influenciando diretamente na absorção de água e na quantidade dessa presente na mistura. Já quanto a massa específica, é notável que o valor referente à argila é consideravelmente inferior ao da brita, em concordância com as bibliografias pesquisadas.

Propriedade	Argila Expandida 1506
Massa específica (Kg/m ³)	1111
Densidade aparente (Kg/m ³)	600 ± 10%
Capacidade de retenção de água e ar (%)	18
Classe granulométrica (mm)	de 6 a 15
Porosidade (%)	80

Tabela 2: Valores de caracterização da argila expandida fornecidos. Fonte: Global Minérios (2020).

Ao realizar o ensaio de massa específica observa-se, conforme descrito na Tabela 3, que o valor encontrado para o traço referência é notoriamente mais elevado que os valores encontrados para os dois traços que possuem substituições, caracterizando os últimos como concretos leves. Ademais, os resultados para o abatimento de tronco de cone ficaram

próximos ao estimado, mas, para que isso fosse possível, a quantidade de água inserida na mistura teve que ser modificada tendo em vista a alta porosidade da argila expandida.

Traço	Massa específica (Kg/m ³)	Abatimento (cm)	Fator a/c obtido
Referência	2340	9,7	0,55
30% de argila	1950	9,4	0,59
70% de argila	1640	9,8	0,69

Tabela 3: Valores obtidos para o concreto em estado fresco. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Quanto ao ensaio que objetiva verificar o comportamento térmico da face oposta à fonte de calor, ou seja, que representa a superfície interna de uma parede, conforme presente na Figura 5, as curvas se mostraram com um comportamento exponencial. Isso se dá pelo fato de que essas apresentam um crescimento significativo no início do experimento e, com o passar do tempo, tendem à estabilização. Ainda, é necessário salientar que as placas possuem temperaturas iniciais distintas devido à realização do ensaio em dias diferentes e que a temperatura da face exposta à fonte de calor se aproximou de 90°C.

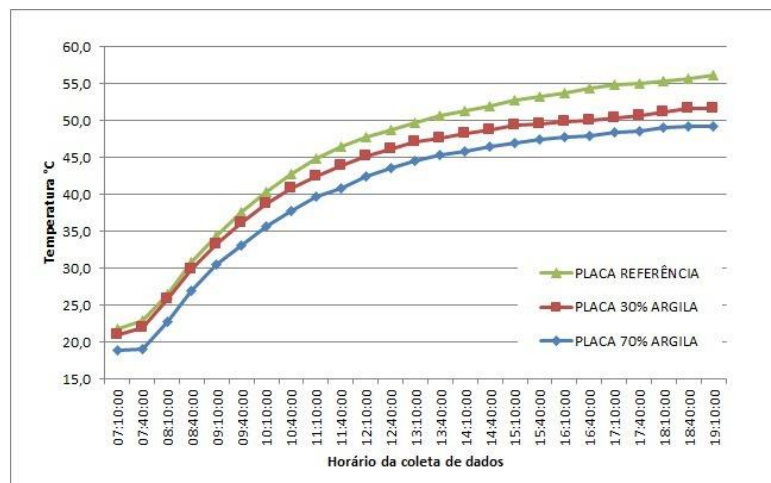


Figura 5: Resultados do ensaio de isolamento térmico. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A curva que representa a placa com 70% de argila está tendendo a estabilizar por volta dos 49°C, o que se mantém bem abaixo do traço referência que, no mesmo horário, apresentou cerca de 56°C. Logo, a característica de isolamento térmico da argila expandida pode ser verificada a partir dos 7°C de diferença entre as placas.

Já a curva representativa da placa com 30% de argila também demonstra menor temperatura quando comparada à referência, tendo um resultado menos satisfatório à placa de 70%, porém ainda assim adequado. Por fim, torna-se relevante ressaltar que, concretos com os mesmos teores de substituição foram ensaiados e apresentaram valores de resistência à compressão inferiores ao referência, mas que os caracterizam como concretos leves estruturais.

5. Considerações Finais

Assim, a utilização de agregados leves no concreto como, por exemplo, a argila expandida substituindo o agregado graúdo em porcentagens de 30% e 70%, gera uma redução significativa na massa específica caracterizando os concretos estudados como leves. Nesse sentido pode-se concluir que o menor peso reduz esforços impostos, impactando nas seções da estrutura utilizada e culminando numa queda dos custos.

Através da realização do ensaio em câmara térmica, foi possível comprovar o que a literatura sugere em relação ao desempenho térmico do material devido ao ar presente no interior do agregado leve. Quantificando esse resultado, tem-se uma diferença, entre o traço referência e o traço com 70% de substituição, de cerca de 7°C entre as placas avaliadas. Ainda, conclui-se que a argila expandida contribui, de fato, para o conforto térmico dos ambientes através do isolamento do fluxo de calor imposto à vedação, logo, apresenta características sustentáveis ao passo que diminui a necessidade de alteração artificial da temperatura interna da edificação.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao MEC-Sesu pela bolsa de pesquisa no Programa de Educação Tutorial e ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

Referências

ALMEIDA, L. C. de. **Fundamentos do concreto armado**. 2002.

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de construção: normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratório**. São Paulo: PINI, 2012.

ASHRAE. **Handbook of Fundamentals**. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 18p.

__. **NBR NM 53**. Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2006. 21p.

__. **NBR NM 23**. Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001. 12p.

__. **NBR NM 67**. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8p.

__. **NBR 9776**. Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987. 3p.

__. **NBR 7217**. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987. 3p.

__. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015. 23p.

__. **NBR 5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 12p.

__. **NBR 9833**. Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2009. 7p.

BELLO, L. G. **Análise do desempenho de conforto térmico de projetos de habitações unifamiliares em Pato Branco, PR**. Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013, 67f.

- BEZERRA, L.A.C. **Análise do Desempenho Térmico de Sistema de Construtivo de Concreto com EPS como Agregado Graúdo.** Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN. 2003. 64p.
- FANGER, P. O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering.** New York, United States of America. The McGraw-Hill Companies. 1972.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo.** 5 ed. — São Paulo : Studio Nobel, 2001.
- LAMBERTS, R. **Apostila de desempenho térmico em edificações.** 7 ed. Laboratório de Eficiência Energética de Edificações. Florianópolis. UFSC, 2016. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>>. Acesso em: 03 Set. 2020.
- LAMBERTS, R.; *et al.* **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3 ed. Rio de Janeiro, RJ. Eletrobrás/Procel. 2014. 382p.
- LOUTOU, M; HAJJAJI, M; **Clayey wastes-based lightweight aggregates: Heating transformations and physical/mechanical properties.** 150 ed. Applied Clay Science. 2017. 56–62 p.
- MASCARÔ, J. L.; MASCARÔ, L. **Uso Racional de Energia em Edificações: Isolamento térmico.** São Paulo, 1992.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete: Microstructure, properties and materials.** 3 ed. United States of America. The McGraw-Hill Companies, 2006.
- MONCADA, JECM; F., LDS; S., VA; P., JS. **Estudo da adição de argila expandida e EPS como agregados na elaboração de concreto leve.** Revista Teccen. 2019 Jan/Jun; 12 (1): 02-07.
- MORAVIA, W. G.; *et al.* **Caracterização microestrutural da argila expandida para aplicação como agregado em concreto estrutural leve.** Cerâmica [online]. 2006, vol.52, n.322, pp.193-199.
- NEVILLE, A.M. **Tecnologia do Concreto.** 2 ed. Porto Alegre, RS. Boockman. 2013. 441p.
- OLIVEIRA G. T.; *et al.* **Desempenho mecânico de concretos leves com substituições parciais do agregado graúdo por argila expandida.** Anais do 62º Congresso Brasileiro de Concreto. Florianópolis, 2021.
- OLIVEIRA, T. A.; RIBAS, O. T. **Sistemas de Controle das condições Ambientais de conforto.** Brasília:1995.
- ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações.** 1 ed. São Paulo: PINI, 2009.
- SCOBAR, R. L. **Concreto Leve Estrutural: Substituição Do Agregado Graúdo Convencional Por Argila Expandida.** Monografia (Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal Do Paraná (UTFPR), Campos Mourão – PR. 2016.
- THOMAZ, B., ISHIOKA, L. **Materiais de construção – isolamento térmico.** Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto. Ed. FAUP. 2011.