

ACOMPANHAMENTO DAS VARIAÇÕES DAS TEMPERATURAS SUPERFICIAIS DOS PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS EM FACHADAS

Leonardo E. Guimarães⁽¹⁾; Cláudio H. de A. F. Pereira⁽²⁾; Keila R. B. de Oliveira⁽²⁾;
Helena Carasek⁽³⁾

(1) Engenheiro Civil, Mestre, Diretor Técnico da Padrão Engenharia Ltda.
email: leg@ih.com.br

(2) Engenheiros Cívicos, Mestres.

(3) Professora Doutora do Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Escola de
Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (UFG).
email: hcarasek@cultura.com.br

Universidade Federal de Goiás – Curso de Mestrado em Engenharia Civil – Endereço: Praça
Universitária, sn., CEP 74 605-220, Goiânia – Goiás – Brasil, Tel. e Fax (62)521-1863.

RESUMO

Neste trabalho analisou-se a variação superficial de temperatura, em oito diferentes tipos de materiais mais utilizados em fachadas. As medições de temperatura foram feitas no decorrer de uma semana, iniciando às 5:30 horas e terminando às 21:00 horas. As temperaturas ambientes variaram de 14°C a 37°C e a umidade relativa do ar entre 19% a 63%.

Observou-se uma variação acentuada das temperaturas superficiais dos materiais relacionadas com as cores dos revestimentos, com as condições de exposição à luz solar e com relação às orientações Norte, Sul, Leste e Oeste. No bloco cerâmico revestido de argamassa com pintura de cor preta e na orientação Norte, a de maior insolação, notou-se variação de temperatura muito alta, alcançando valores de até 57% maiores do que a ambiente, enquanto os materiais de cores claras, nas orientações de menor insolação, atingiram valores pouco superiores aos da temperatura ambiente.

Palavras-chaves: materiais; fachada; orientações solares; temperatura.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início dos tempos o homem tem procurado viver em harmonia e equilíbrio com o ambiente que o envolve. Os exemplos disto começaram nas cavernas; quando os primeiros habitantes da terra se refugiaram nelas, estavam procurando criar condições mais favoráveis de convivência com os elementos que regulam as variações climáticas.

Até os dias de hoje ainda se tem assistido a busca do homem por melhores condições de interação com o ambiente que o circunda, seja ele de habitação, trabalho, lazer, educação ou qualquer outro. Todavia para se obter uma convivência confortável com este ambiente há necessidade de se tomar algumas precauções de modo a tornar seus agentes mais amenos, objetivando principalmente que as trocas de calor se processem sem sobressaltos, evitando as variações excessivas de temperatura. Assim, o controle desta variável, a temperatura, contribui sobremaneira para a melhoria das condições de conforto dos seres humanos.

Neste trabalho, realizado na cidade de Goiânia, procura-se avaliar o comportamento de diversos materiais empregados nas fachadas das edificações, no que diz respeito a variações de temperatura nas orientações solares Norte, Sul, Leste e Oeste e em diversos horários.

Pretende-se, ao registrar estas variações, fornecer elementos para que os engenheiros, arquitetos, tecnologistas, industriais de materiais e todos aqueles que venham utilizar estes dados possam especificar adequadamente os materiais a serem empregados em fachadas, considerando, na medida de sua importância, os fatores relacionados às condições de habitabilidade, bem como as tensões oriundas das variações de temperatura.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. EFEITOS DAS VARIAÇÕES DE TEMPERATURA

Dois aspectos principais devem ser considerados neste trabalho. O primeiro está relacionado com a ambientação térmica que se pretende conseguir. Assim os

revestimentos que sofrem maior aumento de temperatura irão propiciar menor conforto para seus usuários, já que o calor irá se propagar da superfície para a face interior, por condução, dependendo da capacidade isolante do elemento divisório e do substrato. Uma vez concretizada esta propagação, verifica-se sua difusão, por radiação, comprometendo o conforto térmico do ambiente. Assim há necessidade de se adotar medidas de prevenção a este desconforto.

Segundo Bernardes et al. (1998), a primeira recomendação para minorar os efeitos térmicos seria a isolação térmica das alvenarias, protegendo-as da incidência direta da luz solar. Como isto quase nunca é possível, a utilização de materiais de coloração clara na superfície diminui bastante o coeficiente de absorção solar reduzindo o gradiente de temperatura entre as partes interna e externa das paredes.

Lobato Paes (2000), em seu trabalho de pesquisa constatou que o gradiente de temperatura nas superfícies opostas de uma parede experimental composta de placa cerâmica escura, na argamassa colante, emboço e bloco cerâmico variou de 31°C, ou seja, de 65°C na face externa até 34°C na face interna.

Segundo Thomaz (1989), no caso das edificações residenciais a principal fonte de calor que atua sobre seus componentes é o sol. A amplitude e a taxa de variação da temperatura de um componente nestas condições vai depender da intensidade da radiação solar, da absorvância, que depende da cor da superfície, da emitância da superfície, da condutância térmica, entre outros fatores. Assim, as orientações solares devem ser combinadas com distribuição das aberturas destinadas à ventilação e insolação de modo a se estabelecer uma utilização equilibrada desses. Por outro lado o uso de elementos de fachada que propiciem baixa variação superficial de temperatura propiciará baixas absorções, conduções e propagações para o interior. Desta forma o uso de cores claras nos revestimentos exteriores leva a um menor acréscimo de temperaturas interiores.

A temperatura externa da face de paredes pode ser estimada em função da temperatura do ar e do coeficiente de absorção, que varia de acordo com a cor dos materiais. (LATTA citado por THOMAZ, 1989)

O segundo aspecto a se observar com relação às variações superficiais de temperatura nos revestimentos exteriores de fachadas está relacionado com as tensões oriundas das deformações provocadas por estas.

Os ciclos de temperatura são reconhecidos como sendo um dos principais agentes de deterioração dos materiais componentes das edificações. A movimentação térmica ocorre devido às oscilações da temperatura ambiente e à radiação solar sobre os revestimentos externos e caracteriza-se por variações dimensionais. As variações dimensionais de expansão levam a tensões de compressão e as de retração levam a tensões de tração. (CINCOTTO, SILVA & CARASEK, 1995)

Existem diversos trabalhos que estudam as tensões, deformações e movimentações devidas às variações de temperatura nos sistemas de revestimento cerâmico; isto porque as fachadas revestidas com cerâmica muitas vezes apresentam manifestações patológicas, principalmente deslocamento das peças, devido às variações térmicas.

Da Silva et al. (1998), em estudos realizados com objetivo de estimar tensões através de modelagem numérica em elementos finitos, concluíram que gradientes de temperatura da ordem de 45°C, podem gerar tensões de tração da ordem de 0,5 MPa na interface do revestimento cerâmico com a argamassa colante, podendo levar ao descolamento das peças.

Segundo Chew (1992), citado por Lobato Paes (2000), placas cerâmicas assentes sobre um mesmo substrato, utilizando-se diferentes argamassas, submetidas a 100 ciclos de aquecimento de até 38°C e após resfriamento, sofreram redução na resistência de aderência de aproximadamente 20% em relação a painéis de referência, com as mesmas características, que não passaram por ciclos de aquecimento e resfriamento.

Tam et al. (1993), em trabalho semelhante, concluíram que ocorreu um comprometimento maior da resistência de aderência à tração e menor da resistência de aderência ao cisalhamento quando da aplicação de ciclos de aquecimento e resfriamento. Concluíram também que a deterioração aumentou com a intensidade de temperatura e com a duração da exposição. O melhor comportamento da resistência ao cisalhamento se deve ao travamento propiciado pelas ranhuras existentes no tardo da placa cerâmica.

Segundo Fiorito (1994): “Os revestimentos e suas camadas suportes de argamassa, de alvenaria ou de concreto sofrem deformações térmicas diferentes

devido aos seus coeficientes de dilatação e especialmente, deformações causadas pela temperatura diferencial entre a face superior e a inferior de um piso, ou entre as faces externa e interna dos edifícios ou, ainda, pelas condições ambientais de temperatura”. O risco de colapso e, por consequência, de descolamento ocorre apenas quando as peças cerâmicas são solicitadas à compressão.

A rigidez elevada dos materiais de rejunte contribui para concentração das tensões na região vizinha às juntas de assentamento. Por outro lado, o aumento na espessura das juntas contribui para maior estabilidade na estrutura dos revestimentos cerâmicos. (SARAIVA, 1998)

De acordo com Lobato Paes (2000), a utilização de juntas de assentamento com maiores espessuras, mesmo quando preenchidas com rejunte convencional, contribui para maior estabilidade do sistema. O emprego de argamassa mais deformável, ou seja, com baixo módulo de deformação, também contribui para a estabilidade do sistema, podendo assim usar juntas de assentamento de menores espessuras. Isto ocorre porque as tensões ficam confinadas a cada peça cerâmica individualmente, evitando a flambagem do conjunto.

As fissuras em argamassa de revestimento, oriundas da movimentação térmica da base, estão relacionadas ao módulo de deformação da argamassa. Se a capacidade de deformação da argamassa for superior à da parede, o revestimento provavelmente não sofrerá deformação. Assim para se evitar fissuração no revestimento devido a movimentações térmicas deve-se adotar uma dosagem adequada. (BERNARDES et al., 1998)

2.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS DA CIDADE DE GOIÂNIA

Segundo dados obtidos por Pombo Fernandes (1983), Goiânia tem como coordenadas geográficas, 16° 41' Sul e 49° 17' Oeste, estando localizada numa zona entre a tropical e a subtropical. Analisando dados climáticos obtidos entre 1931 e 1960, Goiânia não se enquadra em nenhuma subdivisão clássica dos climas quentes, mas apresenta características significativas como a regularidade no processo cíclico dos deslocamentos das grandes massas de ar, o que por outro lado implica em um regime pluviométrico regular, apresentando uma estação chuvosa de

cinco meses de precipitação pluviométrica na casa dos 200 mm mensal ou mais, e uma estação seca com outros cinco meses.

As temperaturas mais baixas ocorrem na estação seca, ou seja, no mês de julho e as mais altas nos meses de setembro e outubro. Na estação chuvosa, devido ao aumento significativo da umidade, ocorrem os meses de maior possibilidade de desconforto higrotérmico. Na estação das chuvas o gradiente diário de temperaturas situa-se entre 10 e 11°C, enquanto na estação seca esta variação apresenta-se entre 17 e 20°C. Pelo fato da região não sofrer interferências marítimas, por estar localizada no interior, o seu regime pluviométrico é claramente definido em período chuvoso e período seco, assim, sua umidade relativa apresenta valores mínimos nos meses de agosto e setembro, enquanto nos meses de novembro a abril apresenta valores máximos.

No período da seca a insolação chega a valores médios acima de 250 h/mês e a duração do dia é menor, enquanto no período de chuvas esses valores estão abaixo de 180 h/mês, apesar da duração do dia ser maior, pois os valores de insolação são menores devido à nebulosidade.

4. METODOLOGIA

Na parte experimental deste trabalho, foram acompanhadas as variações superficiais de temperatura causadas pelo efeito da radiação solar em materiais utilizados em fachadas, durante três dias em horários pré-determinados, através de exposição de amostras (unidades de ensaio) em campo, caracterizando a situação real.

4.1 - Materiais

Para esta pesquisa foram escolhidos oito (08) diferentes tipos de materiais mais utilizados em fachadas. São estes os materiais:

- bloco cerâmico de oito furos;
- bloco de concreto;
- bloco de concreto revestido com argamassa de emboço (sem pintura);

- peça cerâmica clara (branco gelo) para revestimento de paredes aplicadas com argamassa sobre bloco cerâmico;
- peça cerâmica escura (vinho) para revestimento de paredes aplicadas com argamassa sobre bloco cerâmico;
- pintura esmalte sintético, de cor branca, sobre revestimento de argamassa, aplicado em bloco cerâmico;
- pintura esmalte sintético, de cor preta, sobre revestimento de argamassa, aplicado em bloco cerâmico; e
- placa de concreto.

Para cada tipo de material foram preparadas quatro amostras (unidades de ensaio) a serem utilizadas nesta pesquisa, uma para cada orientação solar (Norte, Sul, Leste e Oeste).

4.2- Exposição dos Materiais

Para expor estes materiais às condições ambientais externas, foi preparado um suporte de madeira para dar a todos os materiais as mesmas condições de exposição. O suporte possuía quatro lados, contendo o mesmo número de amostras, em igual ordem de colocação, sendo oito para cada orientação.

O suporte foi montado na Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, em área aberta, para que não ocorresse sombreamento de nenhum material, em qualquer de seus lados, ficando posicionado de forma que cada um de seus lados correspondesse a um ponto cardeal. Para que isto ocorresse, o Norte verdadeiro foi determinado a partir da indicação do Norte magnético, dando uma declinação de 17 graus, no sentido horário.

4.3- Equipamentos

O acompanhamento das variações de temperatura superficial dos materiais foi feito com o uso de um termômetro digital de superfície com mira a laser (*Raytek, Raynger ST8*).

As temperaturas ambientais e umidade relativa do ar foram acompanhadas com o uso de um termo-higrômetro analógico (*SUNDO*).

4.4- Medições

As medições das temperaturas superficiais das amostras foram realizadas durante três dias (29 e 30/05/2000 e 03/06/2000), iniciando às 5:30h e encerrando às 21:00h.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dos valores das temperaturas superficiais obtidos por meio do termômetro digital de superfície, nos três dias de pesquisa, foram calculadas médias aritméticas simples, chegando-se aos valores médios expostos nos gráficos. Foram analisadas também as variações de temperatura dos materiais, no período de realização dos ensaios.

As Figuras 1, 2, 3 e 4, apresentam gráficos com as temperaturas médias obtidas nos diferentes materiais, nas quatro orientações, em função dos horários.

Durante os ensaios foi observado que as amostras posicionadas na orientação Norte que permanecem por mais tempo sob incidência da luz solar, apresentando valores mais elevados de temperatura com horários de pico entre as 13:00 e 15:00 horas. Em todas as orientações foram medidas temperaturas iniciais (5:30 horas) por volta dos 10°C a 15°C, para os diversos materiais, e a partir das 19:00 horas todos os materiais, em todas orientações, acompanharam a temperatura ambiente, apresentando valores muito próximos.

Na orientação Norte, a amostra de cerâmica clara (branco gelo) e a amostra com pintura esmalte sintético branco, tiveram as mais baixas temperaturas entre os materiais, apresentando temperaturas muito próximas uma da outra, durante todos os horários de acompanhamento, distanciando-se bastante dos outros materiais; mesmo assim as temperaturas registradas foram maiores que a temperatura ambiente.

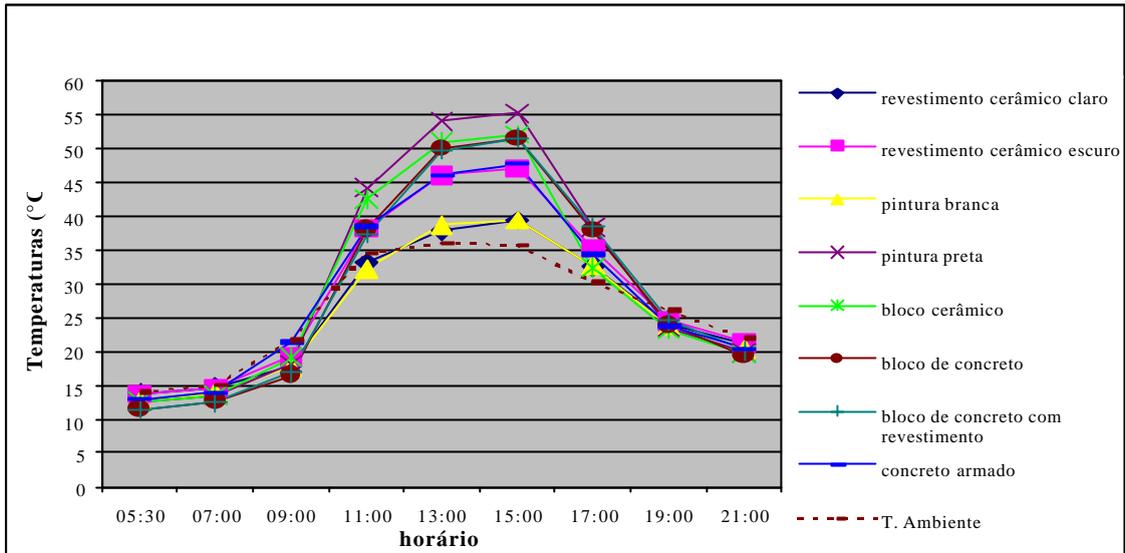


Figura 1- Temperaturas médias dos materiais na orientação Norte, em função dos horários.

Na orientação Leste, as maiores temperaturas superficiais detectadas nos materiais de revestimento, ocorreram nos horários de 11:00 e 13:00 horas. O que mais chama a atenção na análise do gráfico (Figura 2) é que as temperaturas dos materiais ficaram abaixo da temperatura ambiente durante os primeiros horários do dia. Nesta orientação a amostra de pintura esmalte sintético preto, a amostra cerâmica de cor escura (vinho) e o bloco cerâmico de oito furos sem revestimento, apresentaram valores de temperatura superiores aos detectados nos demais materiais, sendo maior nos horários das 9:00 e 11:00 horas.

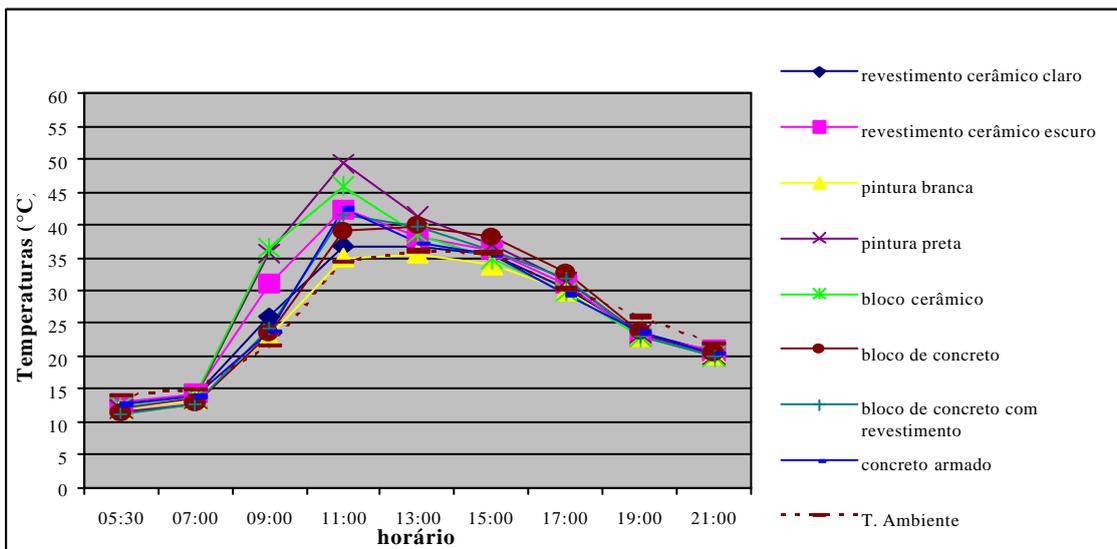


Figura 2- Temperaturas médias dos materiais na orientação Leste, em função dos horários.

As leituras das temperaturas obtidas nas orientações Sul e Oeste apresentaram comportamentos diferenciados das outras duas orientações, mostrando valores máximos de temperatura dos materiais de cores escuras em torno de 44°C, enquanto na orientação Norte estes valores ficaram em torno dos 55°C, demonstrando que os raios solares não incidem diretamente ou incidem por um curto período sobre elas.

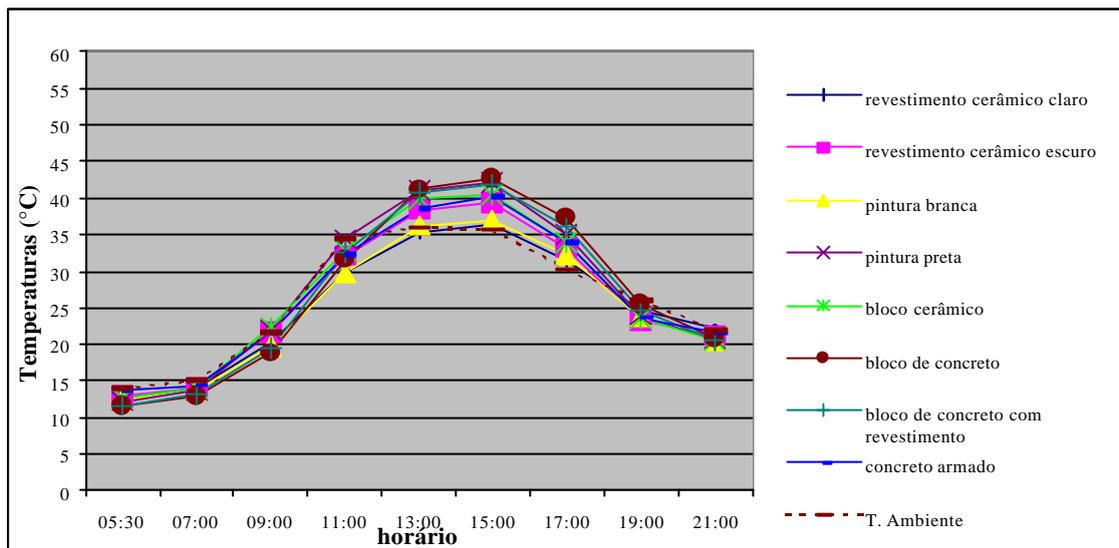


Figura 3- Temperaturas médias dos materiais na orientação Sul, em função dos horários.

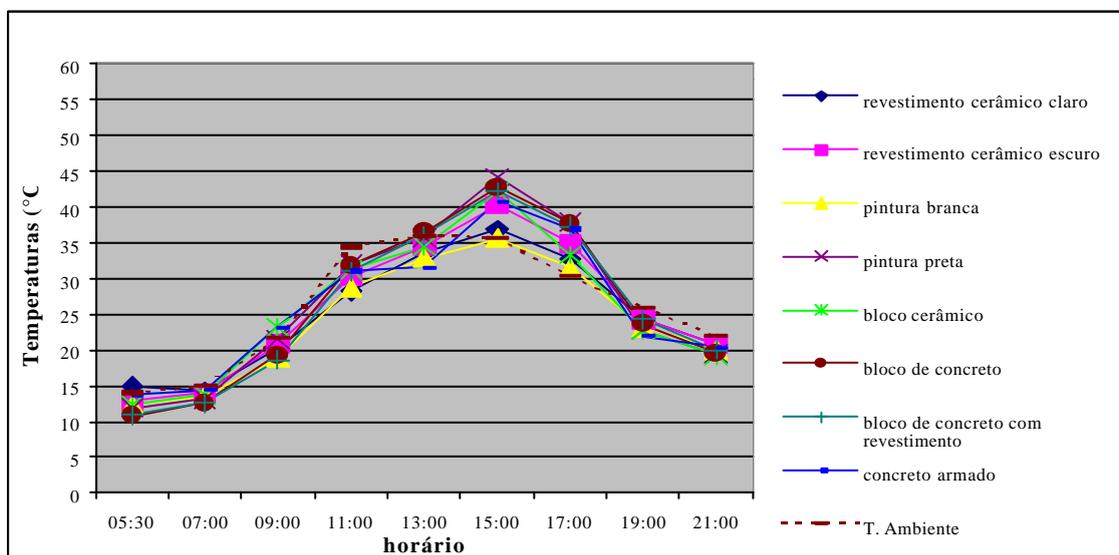


Figura 4-Temperaturas médias dos materiais na orientação Oeste, em função dos horários.

Com relação às variações de temperatura dos materiais no decorrer da pesquisa têm-se que na orientação Oeste o placa de concreto apresentou a maior

variação. A amostra com pintura esmalte sintético branco e a amostra de cerâmica de cor clara (branco gelo), mostraram as menores variações.

No caso específico da orientação Sul os valores obtidos na grande maioria dos materiais, nos horários de pico, foram os mais baixos de todas as orientações, apresentando, em geral, as menores variações de temperatura dos materiais quando comparadas às outras orientações. O bloco de concreto sem revestimento obteve o maior valor de variação para esta orientação.

As variações de temperatura dos materiais na orientação Oeste, também apresentaram valores menores do que aqueles obtidos na orientação Norte, tendo um comportamento geral semelhante aos principais materiais na orientação Sul.

Na orientação Norte, em geral, foram detectadas as maiores variações de temperatura ao longo do dia medidas em todos os materiais analisados, ficando na faixa de 40°C para os materiais de cor escura, conforme pode ser visto na Figura 5.

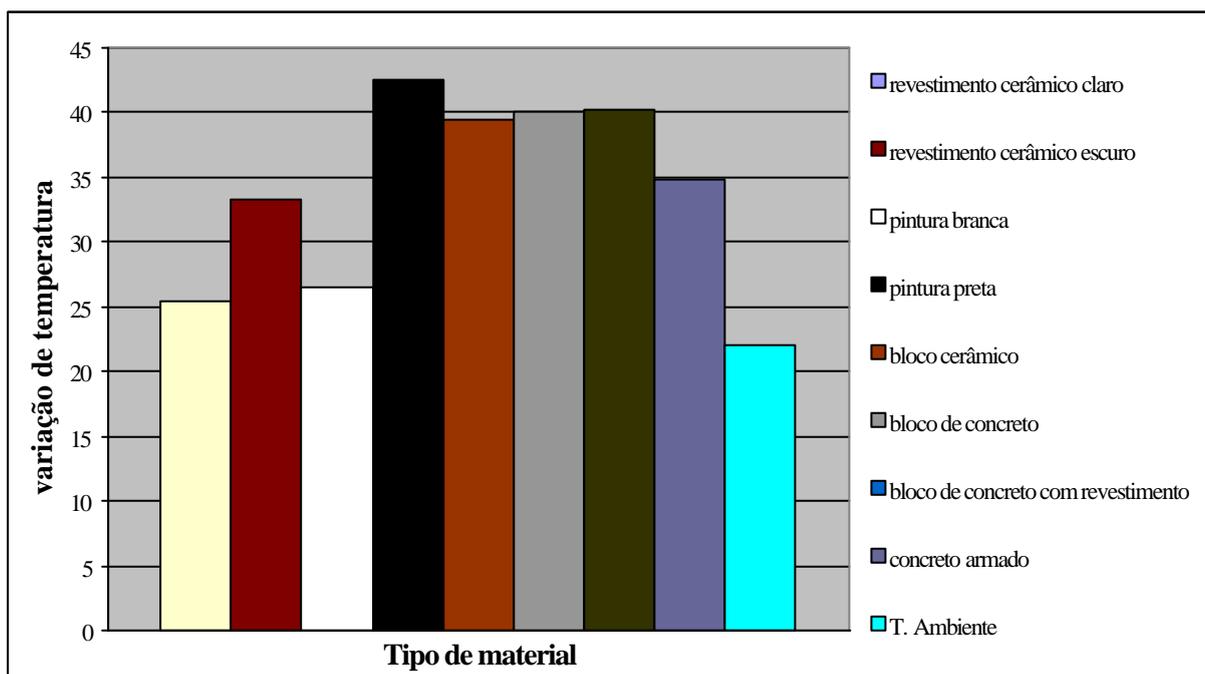


Figura 5- Variação máxima de temperaturas dos materiais ao longo do dia, medidas na fachada Norte.

Nas quatro orientações todos os materiais apresentaram variações superiores à da temperatura ambiente. A amostra de cerâmica clara (branco gelo) e a amostra com pintura esmalte sintético branco, apresentaram as menores variações, enquanto a amostra de pintura esmalte sintético preto, em quase todas orientações, apresentou as maiores variações de temperatura.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram acompanhadas e registradas, ao longo do dia, as variações das temperaturas superficiais dos materiais mais utilizados em fachadas de edificações, observando seus picos máximos e mínimos e a interferência causada pelo seu posicionamento em relação às orientações solares.

Com a obtenção das leituras das temperaturas dos materiais, foi verificado que todos eles apresentam comportamentos distintos, variando conforme a orientação na qual estão localizados e horários de exposição. Alguns materiais alcançaram picos de temperatura, cerca de duas vezes maior do que o da temperatura ambiente, como o caso do revestimento com pintura de cor preta, na orientação Norte. Outros materiais tiveram comportamento muito próximo da temperatura ambiente, como o caso do revestimento com pintura de cor branca, em todas as orientações.

Em geral, os materiais, considerando os valores de temperatura encontrados, podem ser divididos em dois grupos; os materiais de cor clara e os materiais de cor escura, este último apresentando temperaturas mais elevadas, devido suas cores possuírem maior absorção de calor da luz solar. Estes dois grupos foram percebidos em todas as orientações, sendo notado com maior intensidade na orientação Norte, que apresentou as maiores variações de temperaturas superficiais.

Os materiais de cores escuras apresentam absorções mais altas provocando uma maior variação superficial de temperatura, representando tendências maiores de desconforto térmico. Os materiais de cores claras apresentaram menores variações térmicas, estando sujeitos a dilatações térmicas menores, reduzindo assim a probabilidade de colapso proveniente do aumento de tensões.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BERNARDES, C.; et al. **Qualidade e o custo das não conformidades em obras de construção civil**. São Paulo. Ed. Pini, 1998.
- BOWMAN, R.; BANKS, P. Theoretical Modelling of External Wall Tiling Systems. 1994. <http://www.infotile.com.au/techpapers/33icbest.html>. S.d.
- CHEW, M.Y.L. The Study of Failure of Wall Tiles. IN: Building and Enviroment. Vol. 27, Nº4,p.493-499, 1992. Printed in Great Britain.
- CINCOTTO, M.A.; SILVA, M.A.C.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: Características, propriedades e método de ensaio**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo,1995. (Boletim 68-IPT)
- DA SILVA, D.; ROMAN, L.; ROMAN, H. Tensões térmicas em revestimentos cerâmicos. IN: SEMINÁRIO CAPIXABA SOBRE REVESTIMENTOS CERÂMICOS. Espírito Santo, 1998. Anais. Vitória, 1998. p 16-33.
- FIORITO, A.J.S.L. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo. Ed. Pini,1994.
- LOBATO PAES, I. N. **Influência da junta de assentamento no comportamento térmico do sistema de revestimento cerâmico**. Goiânia, 2000. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás-UFG.
- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física**. São Paulo - S.P. Ed. Scipione. 1997.
- POMBO FERNANDES, A. M. **Insolação de edifícios e o projeto de suas proteções**. Goiânia; 1983.Notas de aula. Universidade Católica de Goiás-UCG.
- SARAIVA, A. G. **Contribuição ao estudo de tensões de natureza térmica em sistema de revestimento cerâmico de fachadas**. Brasília, 1998. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília-UnB.
- TAM, C.; LOO, Y.; QUEK, S.; SAW, W. Simulated Thermal Fatigue Testing of Wall-to-Tile Bond. Durability of Building and Components. Edited by S. Nagataki, T. Nireki and F. Tomosowa, 1993. E & FN Spon.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: Causas, prevenção e recuperação**. São Paulo - S.P. Ed. Pini/EDUSP.1989.