Proposta de Procedimentos para Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações (NBR 15575 e SiNAT) – Método Simplificado

3

**Adriana Camargo de Brito
Elisa Morandé Sales
Fúlvio Vittorino
Marcelo de Mello Aquilino
Maria Akutsu**

1. Introdução

Na avaliação do desempenho térmico de edificações por métodos simplificados, os critérios utilizados precisam garantir que sistemas construtivos totalmente inadequados às condições climáticas do local sejam rapidamente identificados e descartados ou aprimorados. Nesse sentido, o método simplificado de avaliação de desempenho térmico de edifícios presente na versão atual da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), que estabelece valores limite para as propriedades térmicas representativas do sistema construtivo, tem se mostrado limitado.

Informações insuficientes no texto da referida norma permitem que, em alguns casos, sistemas construtivos inadequados ao clima atendam ao nível “Mínimo” de desempenho térmico, mesmo sem ter as características imprescindíveis para proporcionar um desempenho térmico adequado, o que não deveria ocorrer. Isso está relacionado, por exemplo, à ausência de informações quanto aos limites da aplicabilidade do método, em função

de características da edificação analisada, ou à existência de critérios pouco exigentes, especialmente, para a Zona Bioclimática 8.

Há ainda falta de uniformidade dos critérios relacionados às cores do acabamento externo de paredes e coberturas (absortância das superfícies à radiação solar), que apresentam intervalos diferentes, para avaliações de propriedades térmicas de componentes pelo método simplificado e nos procedimentos de avaliação do método detalhado, condição que também pode prejudicar o entendimento dos avaliadores, afetando os resultados das avaliações.

1.1. Características da Edificação Avaliada pelo Método Simplificado

O texto da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) apresenta somente exigências para propriedades térmicas de paredes e cobertura, com o intuito de verificar a adequação do sistema construtivo ao clima do local, quando aplicado em edificações habitacionais típicas de interesse social. Desse modo, por referir-se somente ao sistema construtivo, o método não estabelece limitações para o seu uso.

Entretanto, além das características térmicas da envoltória (AKUTSU; VITTORINO, 1990; DI PERNA et al., 2011; AKUTSU et al. 2012; BRITO, 2015), há muitas variáveis que podem afetar a resposta térmica dos recintos em uma edificação, por exemplo: a geometria dos ambientes, como apresentado por Ferrari (2007), Gratia e Herd (2002) e Herd e Gratia (2002); a área envidraçada na fachada, como indicado por Akutsu e Vittorino (1990) e Claro (2010); a área opaca da fachada em relação à área de piso do recinto (BRITO, 2015).

Nesse contexto, levar em conta somente a adequação climática do sistema construtivo pode não ser suficiente para conhecer o desempenho térmico potencial de uma edificação habitacional, principalmente, se tal moradia tiver um projeto muito diferente do usual.

A falta desse tipo de informação na norma NBR 15575 (ABNT, 2013) permite aos avaliadores, por exemplo, analisar o desempenho térmico dos fechamentos opacos de uma habitação com área transparente na fachada, substancialmente mais significativa que a área de elementos opacos. Em situações extremas como essa, o desempenho térmico dos recintos será

determinado, certamente, pelo vidro, fator não abordado na avaliação, e não pelos fechamentos opacos da envoltória que foram avaliados.

Isso permite que habitações que serão construídas com o mesmo sistema construtivo, porém com diversas proporções de áreas envidraçadas na fachada, possam atender aos critérios do nível “Mínimo” de desempenho térmico pelo método simplificado de avaliação sem, no entanto, proporcionar um desempenho térmico adequado na prática. Na Figura 1, há vários exemplos de ilustrações de fachadas de edificações com diferentes áreas envidraçadas nas fachadas, que se enquadram na descrição da situação destacada anteriormente, e que teriam, potencialmente, desempenhos térmicos diversos, mesmo se construídas com o mesmo sistema construtivo e geometria.

Figura 1. Exemplos de habitações com o mesmo sistema construtivo e projeto arquitetônico com diferentes áreas envidraçadas na fachada.

Com o intuito de impedir esse tipo de interpretação equivocada da norma, referente ao uso do método simplificado de avaliação do desempenho

térmico de habitações, é necessário acrescentar algumas características da edificação para as quais o método é válido.

Sales, Akutsu e Brito (2014) mostram o efeito que alterações em vários fatores geométricos causam no desempenho térmico de habitações, incluindo ampliações ou reduções proporcionais de toda a edificação em até 35 % do tamanho original, aumento do pé-direito em até 0,50 m e aumento da área envidraçada da fachada em relação à área de piso do recinto de inicialmente 15 %, que é o valor mínimo para iluminação natural de ambientes, segundo o Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo (SÃO PAULO, 1992), até o dobro dessa área, com intervalos de 5%. Foi utilizado, na referente pesquisa, vidro comum transparente em todas as situações.

As autoras consideraram sistemas construtivos tradicionais pesados (paredes em tijolos cerâmicos maciços, revestidas com argamassa em ambas as faces) e sistemas mais leves (com fechamentos verticais em chapa cimentícia na face externa e gesso acartonado na face interna), aplicados em projeto de habitação térrea da Companhia para o Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU, 1997).

Foram realizadas simulações computacionais da resposta térmica das habitações em dias típicos de verão das cidades de São Paulo – SP e Manaus – AM. Essas cidades representam as Zonas Bioclimáticas 3 e 8, respectivamente, regiões com características de verão e inverno e com predomínio de verão (ABNT, 2008). As habitações foram simuladas com o programa *EnergyPlus*, com base nos procedimentos da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), ventiladas com taxa de renovação do ar de 1 Ren/h (Renovação do volume de ar do recinto por hora) e janelas sem sombreamento (SALES; AKUTSU; BRITO, 2014). São apresentados os dados referentes à sala, área que apresentou condições térmicas ligeiramente mais críticas.

Nas Figuras 2 e 3, são apresentados os valores máximos das temperaturas do ar no interior dos recintos em função de variações nas dimensões da planta da edificação. Nas Figuras 4 e 5, essas grandezas são apresentadas em função de alterações no pé-direito dos ambientes e, nas Figuras 6 e 7, em função da alteração na área envidraçada na fachada em relação à área de piso dos ambientes.

Figura 2. Temperatura máxima do ar interior de recinto habitacional em função do tamanho da edificação – Z3.

Figura 3. Temperatura máxima do ar interior de recinto habitacional em função do tamanho da edificação – Z8.

Figura 4. Temperatura máxima do ar interior de recinto habitacional no tamanho original em função do pé-direito da edificação – Z3.

Figura 5. Temperatura máxima do ar interior de recinto habitacional no tamanho original em função do pé-direito da edificação – Z8.

Figura 6. Temperatura máxima do ar interior de recinto habitacional em função da área envidraçada na fachada em relação à área de piso do recinto – Z3.

Figura 7. Temperatura máxima do ar interior de recinto habitacional em função da área envidraçada na fachada em relação à área de piso do recinto – Z8.

Os resultados indicam que o sistema construtivo teve um papel determinante no nível de desempenho térmico da habitação. Com o sistema construtivo “leve”, obteve-se um valor da temperatura máxima do ar interior acima do valor máximo da temperatura do ar exterior, condição que não proporciona o atendimento do nível “Mínimo” de desempenho térmico. Em contrapartida, com o sistema construtivo “pesado”, ocorreu uma redução expressiva no valor da temperatura máxima do ar interior em comparação com o valor da temperatura máxima do ar exterior, promovendo o atendimento do nível “Superior” de desempenho térmico em algumas situações.

Observou-se que efetuar variações proporcionais nas dimensões horizontais dos ambientes de habitações térreas de interesse social, reduzindo ou aumentando a sua área de piso em até 35% da área original, não produz efeitos significativos no seu desempenho térmico. Isso é válido somente se forem mantidas as demais características da habitação, especialmente as proporções entre a área envidraçada na fachada e a área de piso de cada recinto. Também é possível afirmar que, para este tipo de habitação, considerando-se um pé-direito mínimo nos ambientes de 2,5 m, variações de até 0,5 m não irão afetar o desempenho térmico dos ambientes de modo significativo.

Quanto à área envidraçada na fachada, verificou-se que o aumento desse fator, nas habitações com sistemas leves, afeta o desempenho térmico de modo mais significativo do que naquelas com sistemas pesados. Além disso, com uso de sistema construtivo leve, nos recintos em que exista área envidraçada na fachada correspondente a 15% da área de piso do ambiente, são obtidos valores da temperatura máxima do ar interior acima do valor máximo dessa grandeza que proporciona atender ao nível “Mínimo” de desempenho térmico.

Um acréscimo de 5% na área envidraçada da fachada em relação à área de piso do recinto pode acarretar na elevação da temperatura máxima do ar interno em 1 °C, situação que irá depender das condições climáticas do local em que será implantada a edificação e das características do sistema construtivo.

Como a área envidraçada na fachada é um fator que produz efeitos mais significativos na resposta térmica dos ambientes, especialmente com os sistemas construtivos mais leves, em comparação com as outras questões abordadas, ela apresenta-se como um fator importante a se considerar na delimitação das condições de uso do método simplificado de avaliação do desempenho térmico de habitações. Isso é importante, principalmente, para as habitações

de interesse social, que não tem artifícios mais elaborados de projeto, os quais podem proporcionar a melhoria das condições térmicas em seu interior.

Mesmo considerando a possibilidade de aumentar a ventilação dos ambientes e acrescentar sombreamento às janelas, 15% de área envidraçada na fachada em relação à área de piso mostra-se um valor limite máximo para que uma edificação típica de interesse social tenha potencial de atender ao nível “Mínimo” de desempenho térmico.

Nesse sentido, recomenda-se que o método simplificado de avaliação do desempenho térmico de habitações seja utilizado somente para ambientes com área envidraçada na fachada de, no máximo, 15% da área de piso do recinto. Para edificações que não se enquadrem nesse requisito, deve ser feita avaliação do seu desempenho térmico pelo método detalhado.

1.2. Zona Bioclimática 8

Com o intuito de gerar contribuições para o aprimoramento dos critérios referentes à avaliação do desempenho térmico de habitações pelo método simplificado na Zona Bioclimática 8, foram efetuadas simulações da resposta térmica de sobrados cujos projetos foram obtidos da Companhia para o Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU, 1997).

As simulações foram feitas baseadas nos procedimentos da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), com 21 sistemas construtivos, dotados de características térmicas significativamente diferentes quanto à capacidade térmica e transmitância térmica de paredes e quanto à transmitância térmica de coberturas, como apresentado na Tabela 1 (BRITO et al., 2012). Foram analisados os resultados para o dormitório mais crítico do ponto de vista térmico, localizado no primeiro pavimento do sobrado, em contato com a cobertura da edificação. Os recintos foram ventilados a uma taxa de 5 Ren/h e comportavam janelas sombreadas, considerados artifícios que podem ser utilizados em habitações nesses moldes para melhorar as condições térmicas nos ambientes sem resultar, necessariamente, em maiores custos para os empreendedores.

Foram feitas avaliações dos sistemas construtivos também pelo método simplificado, evidenciando-se as situações em que a edificação atende aos critérios do método simplificado, mas não atendem aos critérios do método detalhado. Foram verificadas quais características dos sistemas construtivos seriam mais adequadas para obtenção de recintos com melhor desempenho térmico.

Tabela 1. Descrição de paredes e coberturas.

Descrição a partir da Face Externa		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Parede	1 Placa cimentícia com esp. de 1 cm, espaço de ar com esp. de 9 cm e gesso acartonado com esp. de 12,5 mm	x							x							x						
	2 Placa cimentícia com esp. de 1 cm, lâ de rocha com esp. de 5 cm e gesso acartonado com esp. de 12,5 mm		x							x							x					
	3 Placa cimentícia com esp. de 1 cm, lâ de rocha com esp. de 7,5 cm e gesso acartonado com esp. de 12,5 mm			x							x							x				
	Painel de concreto leve com esp. 5 cm,																					
	4 espaço de ar com esp. de 5 cm e gesso acartonado com esp. de 12,5 mm				x							x							x			
	5 Painel de concreto leve com esp. 5 cm					x							x							x		
	6 Painel de concreto leve com esp. 7,5 cm						x							x							x	
Cobertura	7 Painel de concreto leve com esp. 10 cm							x							x							x
	I Telha cerâmica com esp. média de 2 cm, espaço de ar com esp. média de 40 cm e forro de gesso acartonado com esp. de 12,5 mm	x	x	x	x	x	x	x														
	II Mesma configuração de I, com acréscimo de 5 cm de lâ de rocha sobre o forro								x	x	x	x	x	x	x							
	III Mesma configuração de I, com acréscimo de 10 cm de lâ de rocha sobre o forro															x	x	x	x	x	x	x

Na Tabela 2, são apresentados os resultados obtidos a partir da avaliação dos sistemas construtivos (parede e cobertura) pelo método simplificado, com destaque às células em que os valores não atendem aos critérios da referida norma. Na Figura 8, são indicados os resultados obtidos pelo método detalhado, apresentando os valores máximos diários da temperatura do ar interior nos recintos e o valor máximo dessa grandeza para propiciar o atendimento do nível de desempenho térmico “Mínimo”. Na Tabela 3, é apresentado um resumo com informações sobre o atendimento do nível de desempenho térmico “Mínimo”, obtidas com o uso dos dois métodos.

Tabela 2. Características térmicas dos componentes.

Descrição		U [W/(m ² .K)]	C [kJ/(m ² .K)]
Parede ($\alpha^* = 0,30$)	1	2,75	28
	2	0,68	8
	3	0,48	8
	4	2,55	108
	5	4,86	100
	6	4,47	140
	7	4,14	200
Cobertura ($\alpha^* = 0,65$)	I	2,02	-
	II	0,57	-
	III	0,33	-

Na Tabela 2, com a avaliação pelo método simplificado, observa-se que há vários componentes construtivos que não atendem ao nível “Mínimo” de desempenho térmico (Paredes 5 a 7 e cobertura I).

Pelo método detalhado de avaliação, por meio de simulação computacional, como indicado na Figura 8, o nível “Mínimo” de desempenho térmico não é atendido por nenhuma das edificações com cobertura sem isolante térmico [$U = 2,02$ W/(m².K)]. Isso ocorre considerando-se todos os tipos de paredes, sejam mais leves ou mais pesadas.

Com a aplicação de 5 cm de isolante térmico na cobertura [$U = 0,57$ W/(m².K)], a edificação atende ao nível “Mínimo” de desempenho térmico nos sistemas construtivos “M” e “N”, que têm paredes de maior capacidade térmica [140 a 200 kJ/(m².K)].

Figura 8. Temperaturas máximas do ar interior por tipologia e valor limite da temperatura do ar interior para obter o nível “Mínimo” de desempenho térmico na avaliação pelo método detalhado.

Com 10 cm de isolante térmico na cobertura, o nível “Mínimo” é atendido com uso dos sistemas construtivos providos de paredes com maior isolamento térmico [$U = 0,68 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$], com os sistemas “P” e “Q”, bem como com paredes de maior capacidade térmica [$C > 140 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$], com sistemas “T” e “U”.

Esses resultados indicam que, em um sobrado com padrão popular, sem recursos mais elaborados de projeto arquitetônico, para as condições climáticas de cidades com características típicas da Zona Bioclimática 8, é fundamental prever o uso de elementos isolantes térmicos na cobertura, além de garantir o sombreamento das janelas e a ventilação dos ambientes. O uso de isolantes térmicos na cobertura viabiliza tanto o emprego de paredes mais pesadas, mesmo com elevada transmitância térmica, como as paredes leves, as quais devem considerar também um acabamento externo em cores claras.

Na Tabela 3, verifica-se que os resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação pelos dois métodos demonstram inconsistências.

Segundo o método simplificado, a habitação atende ao nível “Mínimo” de desempenho térmico com os sistemas construtivos “H”, “I”, “J”, “K”, “O” e “R”, os quais não proporcionam o atendimento dos critérios referentes ao nível “Mínimo” do método detalhado, que corresponde a condições próximas do que ocorrerá em uma edificação construída.

Para a Zona Bioclimática 8, faz-se necessário rever os valores limite das propriedades térmicas de paredes e coberturas, com o intuito de não aprovar, pelo método simplificado, sistemas construtivos com pouco potencial em garantir edificações com desempenho térmico adequado na prática. Considerando-se que as edificações sem material isolante térmico na cobertura não proporcionam atendimento do nível “Mínimo” de desempenho térmico, independentemente do tipo de parede utilizado, é importante adotar um critério mais exigente, que estabeleça um valor da transmitância térmica da cobertura significativamente menor do que o valor apresentado na versão atual da norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

Coberturas com transmitância térmica [$U < 0,57 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$] viabilizam tanto o uso de paredes com elevada capacidade térmica [$C \geq 140 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$] e elevada transmitância [$U \geq 2,55 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$] como de baixa capacidade térmica [$C \leq 28 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$] e baixa transmitância térmica [$U \leq 0,68 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$]. Com base nessas informações, abre-se uma discussão referente aos valores limites exigidos para as propriedades térmicas das paredes no método simplificado.

O método simplificado de avaliação do desempenho térmico de edificações baseia-se em diretrizes gerais de projeto para a Zona Bioclimática 8 (ABNT, 2008), onde a inércia térmica da edificação precisa ser usada com ponderação para não prejudicar o desempenho térmico dos ambientes. Nesse contexto, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) aborda somente a transmitância térmica das paredes, fator ligado ao seu isolamento térmico, desconsiderando a sua capacidade térmica, fator relacionado à sua inércia térmica.

Todavia, em situações com alta isolamento térmica da cobertura, é possível obter-se edificações com desempenho térmico adequado por meio do uso de paredes mais pesadas, ou seja, com maior capacidade térmica, além do uso de paredes leves, desde que seja garantida a ventilação dos recintos e o sombreamento das janelas.

Tabela 3. Resultados indicando o nível de desempenho térmico obtido com os métodos simplificado e detalhado de avaliação de desempenho térmico.

Sistema	Critérios do Método Simplificado	Critérios do Método Detalhado
A	Não atende	Não atende
B	Não atende	Não atende
C	Não atende	Não atende
D	Não atende	Não atende
E	Não atende	Não atende
F	Não atende	Não atende
G	Não atende	Não atende
H	Mínimo	Não atende
I	Mínimo	Não atende
J	Mínimo	Não atende
K	Mínimo	Não atende
L	Não atende	Não atende
M	Não atende	Mínimo
N	Não atende	Mínimo
O	Mínimo	Não atende
P	Mínimo	Mínimo
Q	Mínimo	Mínimo
R	Mínimo	Não atende
S	Não atende	Não atende
T	Não atende	Mínimo
U	Não atende	Mínimo

Em destaque, são indicados os elementos que atendem o nível “Mínimo”, de acordo com o método simplificado, mas não atendem o nível “Mínimo”, segundo o método detalhado.

Nesse sentido, vale retomar o conteúdo original da referida norma quando se tratava de um projeto datado do ano de 2003, o qual estabelecia em seu método simplificado de avaliação do desempenho térmico de habitações, para a Zona Bioclimática 8, que paredes externas deveriam ter uma capacidade térmica mínima de $C \geq 45 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$.

Caso fosse adotado esse critério na atual versão da norma, os sistemas construtivos “H”, “I” e “J” não seriam aprovados pelo método simplificado, por terem paredes com capacidade térmica desprezível, obrigando os avaliadores a utilizar o método detalhado. Tal procedimento evidenciaria a inadequação do sistema construtivo ao clima do local em virtude do não atendimento do critério “Mínimo” também pelo método detalhado.

Por outro lado, os valores limite adotados atualmente para a transmitância térmica de paredes no método simplificado mostram-se

pouco exigentes, especialmente com cores claras no acabamento externo, permitindo o uso de paredes com transmitância térmica de $[U \leq 3,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})]$, em locais caracterizados por clima com predomínio de condições críticas de verão. Isso proporciona a aprovação de sistemas construtivos como o “K”, pelo método simplificado, no qual as paredes apresentam transmitância térmica de $[U = 2,55 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})]$, mas que não apresenta desempenho térmico adequado quando analisado pelo método detalhado.

1.3. Recomendações

Na avaliação do desempenho térmico de habitações pelo método simplificado, propõe-se que seja adotada uma transmitância térmica máxima da cobertura da ordem de $[0,6 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})]$ para edificações localizadas em cidades da Zona Bioclimática 8.

Além disso, é importante que sejam definidos valores limites para as propriedades térmicas de paredes, no que se refere à sua capacidade térmica e à sua transmitância térmica, em função da isolamento térmica da cobertura, contemplando tanto paredes mais pesadas, quanto paredes mais leves.

Na Tabela 4, são apresentados os valores sugeridos para a capacidade térmica e transmitância térmica de paredes e para a transmitância térmica de coberturas para edificações na Zona Bioclimática 8. Observa-se que, no caso de cobertura com alta isolamento térmica, o efeito da cor da sua superfície externa no desempenho térmico da edificação é pouco significativo, motivo pelo qual o critério para coberturas não leva em conta tal parâmetro (BRITO; AKUTSU, 2015).

Quanto às fachadas, os valores sugeridos para as grandezas são referentes a paredes externas com cores claras, com absorptância à radiação solar (α) menor ou igual a 0,30 ($\alpha \leq 0,3$), com área envidraçada na fachada de até 15 % da área de piso. Para paredes com maior absorptância à radiação solar ou maior área envidraçada na fachada, é necessário efetuar a avaliação pelo método detalhado.

Para as demais Zonas Bioclimáticas, em que há critérios voltados a valores limites para a transmitância térmica de coberturas e paredes em função da absorptância à radiação solar de suas superfícies externas, entre 0,6 ou 0,4, sugere-se a substituição desses valores por 0,5. Essa alteração se justifica por proporcionar uma uniformização de informações presentes em critérios do método simplificado e detalhado.

Tabela 4. Valores limite propostos para a transmitância térmica – U [W/(m².K)] de coberturas e fachadas e para a capacidade térmica de fachadas na Zona Bioclimática 8.

Cobertura	Fachada*	
U [W/(m².K)]	U [W/(m².K)]	C [kJ/(m².K)]
0,35 < U ≤ 0,6	U ≤ 3,7	C ≥ 130
U ≤ 0,35	U ≤ 2,5	C ≥ 45

*Valores referentes a paredes externas com acabamento em cores claras, com absorptância à radiação solar (α) menor ou igual a 0,30 ($\alpha \leq 0,3$), com área envidraçada na fachada de até 15 % da área de piso do ambiente. Para paredes com maior absorptância à radiação solar ou maior área envidraçada na fachada, é necessário efetuar a avaliação pelo método detalhado.

No método detalhado, são consideradas cores claras aquelas com absorptância à radiação solar menor ou igual a 0,3 ($\alpha \leq 0,3$), cores médias, com absorptância entre 0,3 e 0,7 ($0,3 \leq \alpha \leq 0,7$), e cores escuras, aquelas com absorptância maior ou igual a 0,7 ($\alpha \geq 0,7$). Destaca-se que essa alteração não acarreta diminuição no rigor dos critérios, visto que um aumento ou redução da ordem de 0,1 no valor da absorptância à radiação solar de uma superfície de componente construtivo não produz efeitos significativos na resposta térmica da edificação.

Nas Tabelas 5 e 6, são apresentados os valores da transmitância térmica de coberturas e paredes para as Zonas Bioclimáticas 1 a 7, com a referida mudança na absorptância à radiação solar das superfícies, acrescentando-se, em nota, a referência à aplicabilidade do método a habitações com área envidraçada na fachada de, no máximo, 15 % da área de piso do ambiente.

Tabela 5. Valores da transmitância térmica de coberturas.

Transmitância térmica da cobertura (U) W/(m².K)		
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 7	
U ≤ 2,3	$\alpha^* \leq 0,5$	$\alpha^* > 0,5$
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5

*absorptância à radiação solar da superfície externa da cobertura. Cores claras geralmente são aquelas com absorptância à radiação solar menor ou igual a 0,3 ($\alpha \leq 0,3$), cores médias costumam ter absorptância entre 0,3 e 0,7 ($0,3 \leq \alpha \leq 0,7$) e cores escuras, aquelas com absorptância maior ou igual a 0,7 ($\alpha \geq 0,7$).

Tabela 6. Valores da transmitância térmica de paredes externas.

Transmitância Térmica de Paredes Externas (U) W/(m².K)**		Capacidade Térmica de Paredes Externas (CT) kJ/(m².K)**
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 7	Zonas 1 a 7
U ≤ 2,5	$\alpha^* \leq 0,5$ $U \leq 3,7$	$\alpha^* > 0,5$ $U \leq 2,5$
		≥ 130

*Absortância à radiação solar da superfície externa da parede. Cores claras geralmente são aquelas com absortância à radiação solar menor ou igual a 0,3 ($\alpha \leq 0,3$), cores médias costumam ter absortância entre 0,3 e 0,7 ($0,3 \leq \alpha \leq 0,7$) e cores escuras, aquelas com absortância maior ou igual a 0,7 ($\alpha \geq 0,7$).

**Valores referentes a paredes com área envidraçada na fachada de até 15 % da área de piso do ambiente. Para paredes com maior área envidraçada na fachada, é necessário efetuar a avaliação pelo método detalhado.

Referências

AKUTSU, M.; BRITO, A.C.D.; CHIEPE, C.P. O efeito da capacidade térmica e da resistência térmica de paredes no desempenho térmico de habitação na cidade de São Paulo. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Antac, 2012.

AKUTSU, M.; VITTORINO, F. Aplicação de Isolante Térmico em Edificações: Efeito no Conforto Térmico e nas Cargas Térmicas de Condicionamento de Ambientes. In: Encontro Nacional de Conforto Ambiental, 1990, Gramado. **Anais...** Gramado: Antac, 1990. p. 69-77.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220:** Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575:** Edifícios Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRITO, A.C.; AKUTSU, M.; VITORINO, F.; AQUILINO, M.M. Contribuições para o aprimoramento da NBR 15575 referente ao método simplificado de avaliação de desempenho térmico de edifícios In Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ENTAC 2012), 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Antac, 2012.

BRITO, A.C.; AKUTSU, M. Contribuição da cor da cobertura na melhoria do desempenho térmico de habitação no período de verão. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC 2015), 2015, Campinas. **Anais...** Campinas: Antac, 2015.

BRITO, A.C. **Contribuição da inércia térmica na eficiência energética de edifícios de escritórios na cidade de São Paulo**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica de Energia de Fluidos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3150/tde-13062016-102613/>>.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO HABITACIONAL E URBANO – CDHU. **Caderno de Tipologias**. 1997.

CLARO, M.S. **Análise do efeito do envidraçamento sobre a eficiência energética de fachadas em edifícios de escritórios de grande porte na cidade de São Paulo**. 2010, 194 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2010.

DI PERNA, C.; STAZI, F.; CASALENA, A.U.; D’ORAZIO, M. Influence of the internal thermal inertia of the building envelope on summertime comfort in buildings with high internal loads. **Energy and Buildings**, v. 43, p. 200-206, 2011.

FERRARI, S. Building envelope and heat capacity: re-discovering the thermal mass for winter energy saving. In: 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the first 21th Century, 2007, Crete. **Anais...** Crete, 2007. p. 346-351.

GRATIA, E.; HERDE, A. Design of low energy office buildings. **Energy and Buildings**, v. 35, p. 473-491, 2002.

HERDE, A.D.; GRATIA, E. A simple design tool for the thermal study of an office building. **Energy and Buildings**, v. 34, p. 279-289, 2002.

SALES, E.M.; AKUTSU, M.; BRITO, A.C. Efeito de variações no projeto de arquitetura de uma habitação no seu desempenho térmico In: XV encontro nacional de tecnologia do ambiente construído (ENTAC 2014), 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: Antac, 2014.

SÃO PAULO (Cidade). **Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo; Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992**. Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras e edificações. São Paulo: Classe A, 1992.