

## CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA<sup>1</sup>

**MARTINS, Ana Flávia da Silva (1); CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio (2), DURANTE, Luciane Cleonice (3); ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho (4); LOUZICH, Kellen Melo Dorileo (5); CARDOSO, Alceu Aparecido (6)**

(1) UFMT, e-mail: ana.flavia.martins@hotmail.com; (2) UFMT, e-mail: ivancallejas1973@gmail.com; (3) UFMT, e-mail: luciane.durante@hotmail.com; (4) UFMT, e-mail: karyna.rosseti@gmail.com; (5) UFMT, e-mail: keldorileo@hotmail.com; (6) IFMT, e-mail: alceu.cardoso@ifmt.edu.br

### RESUMO

Pesquisas em dosagens de argamassas têm se baseado na utilização de materiais não convencionais, visando, principalmente, a sustentabilidade ambiental e a obtenção de desempenhos especiais. Argamassas dosadas com diferentes composições e traços alteram as propriedades de massa aparente e condutividade térmica, afetando o desempenho termoenergético dos edifícios. O objetivo deste trabalho foi relacionar as propriedades de densidade de massa aparente e condutividade térmica de argamassas convencionais e não convencionais, a partir de dados obtidos por meio de revisão sistemática. Foram selecionados 25 trabalhos, a partir dos quais foram catalogados 152 tipos de argamassas. Constatou-se que à medida que a massa aparente da argamassa se eleva, a condutividade térmica apresenta comportamento semelhante.

**Palavras-chave:** Conforto térmico. Massa aparente. Desempenho.

### ABSTRACT

Researches in mortar dosages has based on the use of unconventional materials in its composition, focusing mainly in environmental sustainability and to obtain special properties. Mortars dosed with different compositions and characteristics alter the properties of apparent density and thermal conductivity, thus affecting the buildings thermoenergetic performance. This work aims to relate the bulk density and thermal conductivity properties of conventional and non-conventional mortars, using systematic review methodology. It was selected 25 studies and cataloged data of 152 mortars types. It was observed that as the bulk density of the mortar increases, the thermal conductivity exhibits similar behavior.

**Keywords:** Thermal confort. Bulk density. Performance.

### 1 INTRODUÇÃO

Define-se argamassa como uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes e água de amassamento e, eventualmente, aditivos ou adições para otimizar suas propriedades no estado fresco ou endurecido

<sup>1</sup> MARTINS, Ana Flávia da Silva; CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio, DURANTE, Luciane Cleonice ; ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho ; LOUZICH, Kellen Melo Dorileo; CARDOSO, Alceu Aparecido. Condutividade térmica de argamassas de revestimento: uma revisão sistemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

(BONIN, 2009). Sua dosagem varia com a finalidade e materiais utilizados, o que interfere nas suas propriedades físicas, mecânicas e térmicas. Conhecer as combinações dos componentes das argamassas é importante quando se almeja características térmicas melhoradas (LEAL, 2012).

Pesquisas vêm sendo realizadas para identificar as propriedades térmicas dos materiais alternativos na composição das argamassas, com vistas a atender as normas, em especial a de desempenho térmico NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575-1 (ABNT, 2013), possibilitando a existência de mais opções no mercado da construção civil para fins de utilização na envoltória.

A condutividade térmica fornece uma indicação da taxa de energia transferida para um corpo e dependente da estrutura física da matéria, atômica e molecular (INCROPERA et al., 2011), sendo um indicador das trocas de calor pela envoltória das edificações, de forma que o seu conhecimento é importante para o estabelecimento de estratégias que viabilizem conforto térmico e habitabilidade (OLARTECHEA et al., 2015).

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é relacionar as propriedades de densidade de massa aparente e condutividade térmica de argamassas convencionais e não convencionais, por meio de revisão sistemática.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão sistemática buscou artigos, teses e monografias no Portal CAPES, ScienceDirect, Google Acadêmico, universidades, livros e normas.

Os descritores da pesquisa foram: argamassa, revestimento, condutividade térmica e densidade de massa aparente. O critério de seleção dos trabalhos foi o fato de apresentarem valores de densidade de massa aparente e condutividade térmica.

Neste trabalho, argamassas convencionais (comuns, tradicionais) são aquelas comumente utilizadas em obras correntes, podendo ser dosadas com aglomerante do tipo aéreo (cal e gesso), hidráulica (cal hidráulica ou cimento) ou ainda mistas (usualmente cal aérea e cimento). As argamassas não convencionais (não tradicionais) são as comuns que receberam em sua composição algum material inerte ou não com a finalidade de modificar as suas propriedades físico-mecânicas e térmicas.

Aplicaram-se aos dados catalogados, estatística de análise de agrupamento, que permite definir grupos homogêneos ou relativamente compactos em função de suas similaridades.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão sistemática conduziu à pré-seleção de 54 trabalhos. Após aplicação do critério de seleção, obtiveram-se 25 trabalhos, dos quais foram catalogadas 152 tipos de argamassas, com diferentes dosagens

convencionais e não convencionais (Quadros 1 e 2).

#### 4.1 Valores das normas

A NBR 15520-2 (ABNT, 2003) apresenta propriedades térmicas de materiais, denominados comuns. A norma não apresenta os traços, apenas valores genéricos de densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico (Quadro 1: A1, B4 e E36) e, cita argamassa de gesso com agregados leves, considerada neste trabalho como não convencional (Quadro 2: D36, D37).

A norma chilena (NCh 853, 2007) é ainda mais restrita, apresentando dois tipos de argamassas, de cimento e de cal e bastardos, ambas convencionais (Quadro 1: C16 e F49).

A norma argentina (IRAM 11601, 2002) mantém o conceito de normatizar apenas as argamassas convencionais (Quadro 1: C15, D34, D35, E39, F46), com exceção da que utiliza perlita, considerada neste trabalho, como não convencional (Quadro 2: C30).

Em Portugal, a ITE50 (SANTOS e MATIAS, 2006) apresenta valores convencionais de condutividade térmica das argamassas representativos da vida útil. As argamassas dividem-se em tradicionais (Quadro 1: H54, H55, H56) e não tradicionais (Quadro 2: P86 a P91), sendo que a denominada argamassa de cimento, cal e areia e argamassa bastarda, neste estudo, foi considerada como convencional (Quadro 1: F50).

A norma americana (ASHRAE, 2013) apresenta três valores de condutividade de argamassas convencionais, de cimento e cal, sendo sua determinação feita em função da densidade de massa aparente (Quadro 1: C10).

A norma britânica (CIBSE, 2006) apresenta argamassas convencionais (Quadro 1: C26, E41, F48) e não convencionais, como de vermiculita e de cimento com fibras de madeira (Quadro 2: D35, P85).

Pela análise das normas, nota-se que as mesmas abordam os valores das argamassas convencionais consagradas pelo uso e literatura. A referência às não convencionais se restringe àquelas com uso de agregados leves (vermiculita ou perlita expandida).

#### 4.2 Valores de livros

Akutsu, Sato e Pedroso (1987) apresentam os valores das argamassas convencionais (de cal, cimento, cimento e areia, de gesso, de gesso com agregado de areia) (Quadro 1: C13, C14 e E40) e das argamassas não convencionais (de gesso com agregado de perlita, gesso com agregado vermiculita) (Quadro 2: C32 e D34).

Frota e Schiffer (2001), apresentam argamassas convencionais (Quadro 1: B5, B6, B7, E37, E38, F42, F43, F44), e não incluem materiais não convencionais.

INCROPERA et al. (2011) traz as propriedades da argamassa de gesso branco com vermiculita (Quadro 2: D33).

#### 4.3 Valores de pesquisas recentes

Enquadram-se aqui argamassas com cortiça, poliuretano expandido (EPS), perlita, vermiculita, poliestireno (PE), resíduo de carvão, cinzas de combustível pulverizado, pedras-pome e escoria de alto forno (Quadro 2: A, B, C, D, E, F, G, H e I, respectivamente).

Atualmente, além dos materiais isolantes térmicos usuais, utilizam-se materiais alternativos em substituição ao aglomerante ou agregado miúdo, tais como resíduos de pó-de-serra, raspa de pneu (borracha de butadieno estireno), Polietileno Tereftalato (PET), raspa de madeira, casca de arroz e sisal (Quadro 2: J, K, L, M, N e O, respectivamente).

Quadro 1 – Densidade e condutividade térmica de argamassas convencionais.

Argamassas Convencionais	$\delta$ Kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/m°C	Referência
<b>A. Argamassa Comum</b>			
1. Comum	1800–2100	1,15	NBR 15220 (2003)
2. Comum com areia	2000	1,15	CARRARO (2015)
3. REF 1:3 cimento/areia; a/c=0,6	2031	0,74	CORINALDESI, MAZZOLI e MORICONI (2011)
<b>B. Argamassa Celular</b>			
4. Celular	600–1000	0,40	NBR 15220 (2003)
5. Celular 1	600	0,30	FROTA e SCHIFFER (2001)
6. Celular 2	1000	0,51	
7. Celular 3	1400	0,81	
<b>C. Argamassa de Cimento</b>			
8. Cimento e areia 1:5,5	1893	1,04	TINKER e O'ROURKE (1994)
9. CB (cimento e areia)	2034	1,70	LEAL (2012)
10. Cimento, agregado e areia	1860	0,72	ASHRAE (2013)
11. Cimento, areia e água (1:4:0,4)	1850	0,65	ALVES, PIETROBON e PIETROBON (1999)
12. Cimento, areia e água (1:3:0,55)	1915	0,68	
13. Cimento e areia	1865	0,72	AKUTSU, SATO e PEDROSO (1987)
14. Cimento e areia	1790	0,79	
15. Cimento e areia	1900	0,89	IRAM 11601(2002)
16. Cimento	1600	0,87	NCh 853 (2007)
17. Cimento: argamassa de areia 1:2 mix, 3.4% MC by vol.	2041	1,08	CLARKE (1990)
18. Cimento: argamassa de areia 1:3 mix, 3.4% MC by vol.	1998	0,99	
19. Cimento: argamassa de areia 1:4 mix, 3.4% MC by vol.	1949	1,03	
20. Cimento: argamassa de areia 1:6 mix, 3.4% MC by vol.	1893	0,97	
21. Cimento: argamassa de areia 1:7 mix, 3.4% MC by vol.	1844	0,88	
22. Cimento: argamassa de areia 1:8 mix, 3.4% MC by vol.	1852	0,79	
23. De cimento 1	2000	1,40	
24. De cimento 2	1648	0,72	
25. De cimento 4	1900	1,50	
26. De cimento	1650	0,72	GIBSE (2006)
27. M0 (cimento e areia)	1650	0,38	LUGUORI e LUCOLANO (2014)
28. P0 (cimento e areia)	2142	0,42	TAOUKIL et al (2011)

Continuação Quadro 1.

<b>D. Argamassa de Cimento para Alvenaria</b>			
29. Cimento de alvenaria: argamassa de areia 1:2 mix, 3,4% MC por vol.	1928	1,01	CLARKE (1990)
30. Cimento de alvenaria: argamassa de areia 1:4 mix, 2,3% MC por vol.	1878	0,89	
31. Cimento de alvenaria: argamassa de areia 1:5 mix, 2,4% MC por vol.	1858	0,85	
32. Cimento de alvenaria: argamassa de areia 1:6 mix, 2,1% MC por vol.	1810	0,80	
33. Cimento de alvenaria: argamassa de areia 1:7 mix, 1,7% MC por vol.	1776	0,77	
34. Para reboco de juntas (exterior)	1800–2000	1,16	IRAM 11601(2002)
35. Para reboco de juntas (interior)	1900	0,93	
<b>E. Argamassa de Gesso</b>			
36. De gesso (ou cal e gesso)	1200	0,70	NBR 15220 (2003)
37. De gesso (ou de cal e gesso)	1000	0,53	FROTA e SCHIFFER (2001)
38. De gesso (ou de cal e gesso)	1200	0,70	
39. De gesso e areia	1500	0,65	IRAM 11601 (2002)
40. De gesso com agregado de areia	1680	0,81	AKUTSU, SATO e PEDROSO (1987)
41. De cimento, gesso e areia	1860	0,72	GIBSE (2006)
<b>F. Argamassa de Cal</b>			
42. De cal ou cimento	1600	0,65	FROTA e SCHIFFER (2001)
43. De cal ou cimento	1800	0,85	
44. De cal ou cimento	2000	1,05	
45. Cimento, cal e areia (1:1:6)	1783	0,85	TINKER e O'ROURKE (1994)
46. De cal e gesso	1200	0,64	IRAM 11601 (2002)
47. De cal	1600	0,70	AKUTSU, SATO e PEDROSO (1987)
48. De cal e cimento	1600	0,80	GIBSE (2006)
49. Argamassa bastarda de cal	1600	0,87	NCh 853 (2007)
50. De cal e areia ou de argamassa bastarda	1600	0,80	SANTOS e MATIAS (2006)
<b>G. Argamassa com Diferentes Tipos de Areia</b>			
51. Areia fina siltosa	1928	1,09	STANCATO (2000)
52. Areia média quartzosa	2001	1,17	
53. Areia fina quartzosa	1828	0,95	
<b>H. Outras Argamassas</b>			
54. Tradicional	1900	1,30	SANTOS e MATIAS (2006)
55. Tradicional	2000	1,80	
56. PM (argamassa padrão)	1815	0,68	

Fonte: Os autores

Quadro 2 – Densidade e condutividade térmica de argamassas não convencionais.

Argamassas Não Convencionais	$\delta$ Kg/ m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/m °C	Referência
<b>A. Argamassa com adição de Cortiça</b>			
1. CC10 (cimento, 90% areia, 10% cortiça)	1911	1,47	
2. CC20 (cimento, 80% areia, 20% cortiça)	1706	1,31	
3. CC40 (cimento, 60% areia, 40% cortiça)	1668	1,06	
4. CC40* (cimento, 60% areia, 40% cortiça)	1666	1,14	
5. CC50 (cimento, 50% areia e 50% cortiça)	1589	0,74	
6. CC50* (cimento, 50% areia, 50% cortiça)	1579	0,68	LEAL (2012)
7. CC70 (cimento, 50% areia e 50% cortiça)	1377	0,54	
8. CC70* (cimento, 30% areia, 70% cortiça)	1218	0,48	
9. CC70** (cimento, 30% areia, 70% cortiça)	1205	0,41	
10. CC80 (cimento, 20% areia, 80% cortiça)	1288	0,49	
11. CC80* (cimento, 20% areia, 80% cortiça)	1243	0,47	
12. Argamassa de reboco com cortiça	910	0,16	FRADE (2010)
13. Argamassa de alvenaria com cortiça	860	0,12	
14. CH 40% areia+ 60% R1	1195	0,29	
15. CH 40% areia+ 60% R2	1151	0,28	
16. CH+C 40% areia+ 60% R1	1238	0,44	
17. CH+C 40% areia+ 60% R2	1199	0,36	MARTINS (2010)
18. CH+C 20% areia+40% R1+40% R3	919	0,22	
19. CH+C 20% areia+40% R2+40% R3	846	0,20	
20. CH+C 30% R1+70% R3	581	0,11	
<b>B. Argamassa com adição de poliuretano expandido (EPS)</b>			
21. CE10 (cimento, 90% areia e 10% EPS)	1959	1,07	
22. CE20 (cimento, 80% areia e 20% EPS)	1814	1,02	
23. CE40 (cimento, 60% areia e 40% EPS)	1610	0,87	
24. CE50 (cimento, 50% areia e 50% EPS)	1587	0,80	LEAL (2012)
25. CE70 (cimento, 30% areia e 70% EPS)	1368	0,75	
26. CE70* (cimento, 30% areia e 70% EPS)	1385	0,56	
27. CE80 (cimento, 20% areia e 80% EPS)	1323	0,66	
28. Reboco térmico (cimento, EPS, água)	340	0,09	FRADE et al. (2010)
29. Reboco térmico melhorado (nova fórmula)	250	0,07	GONÇALVES, FRADE e BRITES (2012)
<b>C. Argamassa com adição de Perlita</b>			
30. Argamassa com perlita	600	0,19	IRAM 11601 (2002)
31. Argamassa térmica com argila e perlita expandida	900	0,16	CARRARO(2015)
32. Gesso com agregado de perlita	720	0,22	AKUTSU, SATO e PEDROSO, (1987)
<b>D. Argamassa com adição de vermiculita</b>			
33. Gesso branco e vermiculita	720	0,25	INCROPERA et al. (2014)
34. Gesso com agregado de vermiculita	720	0,24	AKUTSU, SATO e PEDROSO, (1987)
35. Gesso e vermiculita	720	0,20	GIBSE (2006)
36. Gesso com agregado leve (vermiculita ou perlita exp.) 1:1	800	0,30	
37. Gesso com agregado leve (vermiculita ou perlita exp.) 1:2	600	0,25	NBR 15220 (2003)

Continuação Quadro 2.

<b>E. Argamassa com adição de Poliestireno</b>			
38. PU 10% (água, cimento, 90% areia e 10% poliestireo)	1895	0,65	CORINALDESI, MAZZOLI e MORICONI (2011)
39. PU 30% (água, cimento, 70% areia e 30% poliestireo)	1621	0,60	
40. PU 10% +LP (água, cimento, 90% cimento, 10% poliestireno e cal)	2090	0,70	
<b>F. Argamassa de resíduos de carvão</b>			
41. Cimento/areia/ resíduos de carvão 1:5:5	1245	0,37	TINKER e O'ROURKE (1994)
42. Cimento/cal e areia/ resíduos de carvão 1:1:6	1199	0,30	
<b>G. Argamassa com adição de Cinzas de Combustível Pulverizado</b>			
43. Cimento/ areia e cinzas de comb. pulv. 1:5,5	1374	0,42	TINKER e O'ROURKE (1994)
44. Cimento/cal/areia e cinzas de comb. pulv. 1:1:6	1219	0,29	
<b>H. Argamassa com adição de Pedra-pomes</b>			
45. Cimento/areia epedras-pome 1:5,5	1230	0,32	TINKER e O'ROURKE (1994)
46. Cimento, cal e areia/pedras-pome 1:1:6	960	0,25	
<b>I. Argamassa com adição de escória de alto forno</b>			
47. Cimento/areia e residuo de escória de alto forno 1:5,5	1750	0,39	TINKER e O'ROURKE (1994)
48. Cimento, cal, areia e residuo de escória de alto forno 1:1:6	1532	0,33	
<b>J. Argamassa com Agregado Vegetal (pó-de-serra)</b>			
49. 1:0,6:1,50 CPV-ARI (cimento/agregado vegetal/água)	916	0,19	STANCATO (2000)
50. 1:0,6:1,28 CPV-ARI	1004	0,21	
51. 1:0,4:1,38 CPII-E	825	0,22	
52. 1:0,4:0,84 CPII-E	1120	0,25	STANCATO (2000)
53. 1:0,4:1,36 CPV-ARI	1037	0,22	
54. 1:0,4:0,84 CPV-ARI	1209	0,26	
<b>K. Argamassa com adição de Putadieno Estireno (Borracha)</b>			
55. 10M#10-20 (10% de areia substituído por pneu #10-20)	1756	0,59	FADIEL et al (2014)
56. 20M#10-20 (20% de areia substituído por pneu #10-20)	1562	0,58	
57. 30m#10-20 (30% de areia substituído por pneu #10-20)	1430	0,56	
58. 40M#10-20 (40% de areia substituído por pneu #10-20)	1269	0,54	FADIEL et al (2014)
59. 10M#30 (10% de areia substituído por pneu #30)	1669	0,56	
60. 20M#30 (20% de areia substituído por pneu #30)	1440	0,54	
61. 30M#30 (30% de areia substituído por pneu #30)	1305	0,52	FADIEL et al (2014)
62. 40M#30 (40% de areia substituído por pneu #30)	1106	0,51	
63. 10MMix (10% de areia substituído pneu #30 e #10-20)	716	0,56	
64. 20MMix (20% de areia substituído pneu #30 e #10-20)	1497	0,51	BENOSMAN et al (2013)
65. 30MMix (30% de areia substituído pneu #30 e #10-20)	1381	0,50	
66. 40MMix (40% de areia substituído pneu #30 e #10-20)	1238	0,49	
<b>L. Argamassa com adição de Polietileno Tereftalo (PET)</b>			
67. PET 0 (cimento e areia)	2280	1,45	BENOSMAN et al (2013)
68. PET 2.5 (cimento, areia e 2.5% PET)	2230	1,41	
69. PET 5 (cimento, areia e 5% PET)	2220	1,34	
70. PET 2.5 (cimento, areia e 7.5% PET)	2210	1,29	LUGUORI e LUCOLANO (2014)
71. M10 (cimento, 90% areia e 10% plástico reciclado)	1420	0,27	
72. M15 (cimento, 85% areia e 15% plástico reciclado)	1300	0,23	
73. M20 (cimento, 800% areia e 20% plástico reciclado)	1230	0,20	LUGUORI e LUCOLANO (2014)
74. M25 (cimento, 75% areia e 25% plástico reciclado)	1060	0,18	
75. M33 (cimento, 67% areia e 33% plástico reciclado)	900	0,13	
<b>M. Argamassa com adição de raspa de madeira</b>			
76. P1 (cimento, areia e raspa de madeira)	1977	0,33	TAOUKIL et al (2011)
77. P2 (cimento, areia e raspa de madeira)	1877	0,29	
78. P3 (cimento, areia e raspa de madeira)	1809	0,27	

Continuação Quadro 2.

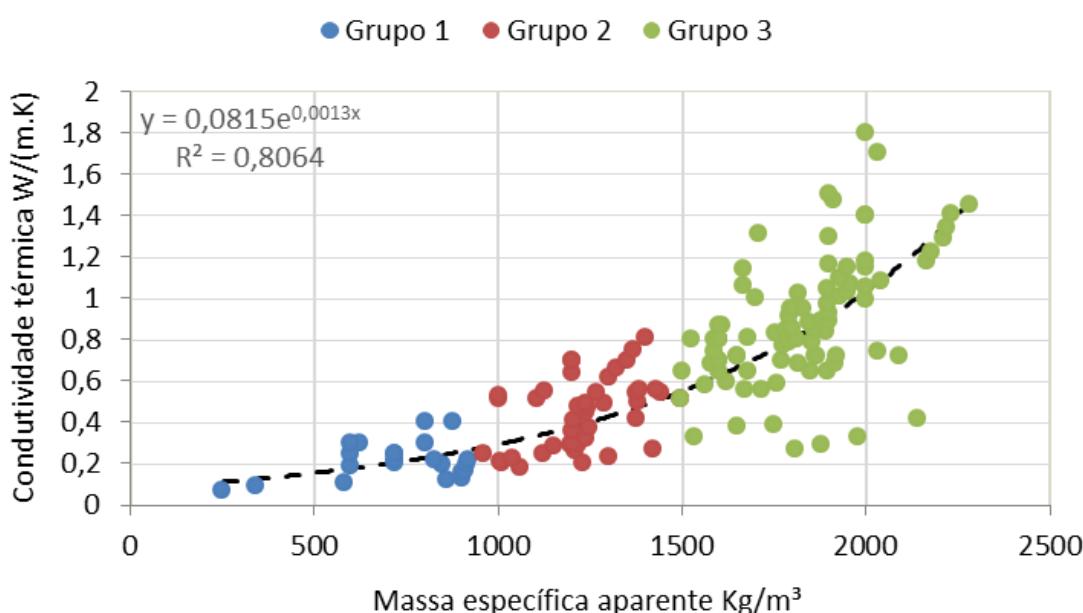
<b>N. Argamassa com adição de casca de arroz</b>				
79. 1:0,28:0,65 (cimento, casca de arroz, água) – 4,5 de areia + pó de pedra com adição de 3% de polímero	1752	0,83	STANCATO (2006)	
	1795	0,95		
<b>O. Argamassa com adição de sisal</b>				
80. 1:0,28:0,65 (cimento, casca de arroz, água) – 4,5 de areia + pó de pedra com adição de 5% de polímero	1790	0,91		
	1770	0,70		
<b>P. Outras Argamassas</b>				
81. 1:0,08:0,60 (cimento, sisal, água) – 4,5 de areia + pó de pedra com adição de 3% de polímero	2167	1,18	CARRARO (2015) MARTINS (2010) GIBSE (2006) SANTOS e MATIAS (2006)	
	2177	1,22		
82. Termoacústica com fibras naturais e areia	1300	0,62		
83. Térmica com micaxisto e argila	1010	0,20		
84. De cal hidráulica	1600	0,80		
85. De pedra calcária	1600	0,70		
86. Não tradicional	625	0,30		
87. Idem	875	0,40		
88. Idem	1125	0,55		
89. Idem	1350	0,70		
90. Não tradicional	1525	0,80		
91. Não tradicional	1700	1,00		

Fonte: Os autores

#### 4.4 Massa aparente e condutividade térmica

As variáveis foram relacionadas por meio de análise de regressão, que indicou melhor ajuste dos dados por meio exponencial (Figura 1), com coeficiente de correlação 0,80, indicando que 80% dos dados explicam o modelo determinado e que há tendência de elevação da condutividade térmica à medida que os traços tendem a elevar a densidade de massa aparente das argamassas.

Figura 1 – Massa aparente e condutividade térmica das argamassas.



Fonte: Os autores

A análise de agrupamento indicou três grupos distintos com características similares em relação às variáveis. O Grupo 1 comprehende argamassas com baixas densidade de massa aparente (250 a 800kg/m<sup>3</sup>) e condutividade térmica (0,07 a 0,40W/m°C), do tipo não convencionais com cortiça, perlita, vermiculita, celular, PET, agregado vegetal (Figura 1).

O Grupo 2 comprehende as que apresentam intermediárias de densidade massa aparente (900 a 1500kg/m<sup>3</sup>) e condutividade térmica (0,18 a 0,80W/m°C). Entre as convencionais, apenas as argamassas de gesso/cal com areia. Contém muitas argamassas não convencionais, com cinzas de combustível pulverizado, resíduo de carvão, pedras-pome, agregado vegetal, PET, cortiça com dosagens de areia e com poliruetano expandido e putadieno estireno.

O Grupo 3 comprehende as argamassas de elevadas densidade de massa aparente (>1500kg/m<sup>3</sup>) e condutividade térmica (0,30 a 1,8W/m°C), compostas pelas convencionais (cimento e areia ou cimento, cal e areia) e não convencionais (de escoria de alto forno e aquelas com substituição de cimento ou areia por cortiça, PU, EPS, PET e agregado vegetal).

As faixas de condutividade térmica definidas ficaram sobrepostas devido à utilização de agregados com diferentes massas aparentes, visto que esta propriedade relaciona-se com o transporte de calor em nível de estrutura molecular destes materiais. As dosagens utilizando materiais leves ou alternativos reduzem não só a massa aparente, como alteram a porosidade e o índice de vazios, justificando as variações na condutividade térmica nas pesquisas utilizadas como referência.

## 5 CONCLUSÕES

A catalogação permitiu a identificação de três grupos de argamassas: as do tipo não convencionais, de baixas massa aparente e condutividade térmica e, do tipo convencionais e não convencionais, as com intermediárias massa aparente e condutividade térmica e as com elevadas massa aparente e condutividade térmica, sendo estas duas últimas.

Tendo em vista a variação da condutividade térmica nos grupos, sugere-se em futuros trabalhos a utilização da equação como forma de uma estimativa inicial desta propriedade, a partir da sua massa aparente.

Como a norma brasileira dispõe de dados de condutividade térmica restritos sugere-se que os dados deste estudo possam servir de referência para preencher esta lacuna da atual versão da norma.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao PIBIC/UFMT e a FAPEMAT pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3:** Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1:** Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

AKUTSU, M.; SATO, N. M. N.; PEDROSO, N. G. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares.** São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1987.

ALVES, S. M.; PIETROBON, C. L. R.; PIETROBON, C. E. Determinação da condutividade térmica de materiais da construção civil e sua variação com umidade e densidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1999, Fortaleza. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 1999.

ASHRAE. **ASHRAE Handbook-Fundamentals.** Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Capítulo 25: Dados de transmissão térmica e vapor d'água. 2013.

BENOSMAN, A. S.; MOULI, M.; TABI, H.; BELBACHIR, M.; SENHADJI, Y.; BAHLOULI, I. M.; HOUIVET, D. **Effect of addition of PET in the thermal properties of polymer-mortar composite materials.** França, 2013.

BONIN, L. C. **Terminologia de Argamassas.** Disponível em: [http://www.gtargamassas.org.br/images/phocadownload/Terminologia\\_de\\_Argamassas\\_-\\_GTA\\_-\\_VIII\\_SFTA.pdf](http://www.gtargamassas.org.br/images/phocadownload/Terminologia_de_Argamassas_-_GTA_-_VIII_SFTA.pdf). Acesso em: 18 jun. 2016.

CARRARO, T. F. **Análise do desempenho térmico de argamassas com propriedades térmicas.** Trabalho de diplomação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

Chartered Institution of Building Services Engineers. CIBSE. **Guide A: Environmental design** (7th edition). London, 2006.

CLARKE, J. A. **The Harmonisation of thermal properties of building materials.** BEPAC Research Report. BRE Publication. 1990.

CORINALDESI, V.; MAZZOLI, A.; MORICONI, G. Mechanical behaviour and thermal conductivity of mortars containing waste rubber particles. **Materials and Design**, v.32 p.1646–1650, 2011.

FRADE, D. F.; GONÇALVES, P. J.; NASCIMENTO, R. S.; SEQUEIRA, A. C. **Argamassa de Reboco com Características Térmicas. Congresso Português de Argamassas de Construção.** Lisboa, 2010. Disponível em: [http://www.apfac.pt/congresso2010/comunicacoes/Paper%2070\\_2010.pdf](http://www.apfac.pt/congresso2010/comunicacoes/Paper%2070_2010.pdf). Acesso em: 24 mar. 2016.

FRADE, D.; TADEU, A.; TORRES, I.; MENDES, P. A.; SIMÕES, N.; MATIAS, G.; NEVES, A. **Argamassas industriais com incorporação de granulado de cortiça.** In: Congresso Português de Argamassas de Construção. Coimbra, 2012. Disponível em:

[http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/Paper%20100\\_2012.pdf](http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/Paper%20100_2012.pdf). Acesso em: 24 mar. 2016.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 5º edição. Studio Nobel: São Paulo, 2001.

GONÇALVES, P. J.; FRADE, D. F.; BRITES, J. **Argamassas térmicas - Uma solução no cumprimento do RCCTE**. Congresso Português de Argamassas de Construção. Coimbra, 2012. Disponível em: [http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/Paper%2084\\_2012.pdf](http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/Paper%2084_2012.pdf). Acesso em 24 mar. 2016.

INCROPERA, F. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 7º edição. Rio de Janeiro: LTC, 2014, p. 629.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMATIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. IRAM 11601:2002 - **Aislamiento térmico de edificios – Métodos de cálculo**. Buenos Aires, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMATIZACION – INH – Chile. NCh 853.Of2007 - **Acondicionamiento térmico – Envolvente térmica de edificios – Calculo de resistencias y transmitancias térmicas**. Chile, 2007.

LEAL, M. M. R. **Desenvolvimento de argamassas de revestimento com comportamento térmico melhorado**. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal. 2012.

MARTINS, M. F. S. **Performance of plastering mortars with regranulated of expanded cork**. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

OLARTECHEA, M. S. ; CALLEJAS, I. J. A. ; DURANTE, L. C. ; ROSSETI, K. A. C; LIMA, M. J. S. Impactos da incorporação de diretrizes construtivas bioclimáticas no desempenho termoenergético de habitação de interesse social (ZB 07). In: ENCONTRO NACIONAL E IX ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13.; Encontro Nacional e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2015, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 1-9.

SANTOS, C. A. P.; MATIAS, L. **Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios**. ICT Informação técnica. Edifícios – ITE 50. Lisboa, 2006.

STANCATO, A. C. **Determinação da condutividade térmica e da resistência mecânica em argamassa leve**. Dissertação (Mestrado). 155p. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2000.

STANCATO, A. C. **Caracterização de compósitos à base de resíduos vegetais e argamassa de cimento modificada pela adição de polímeros para a fabricação de blocos vazados**. Tese (Doutorado). 209p. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.

TAOUKIL, D.; EL BOUARDI, A.; AJZOUL, T.; EZBAKHE, H. Effect of incorporation of wood on thermo physical properties on sand mortars. **KSCE Journal of civil engineering**. 2011.

TINKER, T. A.; O'ROURKE, A. **Using waste materials as an aggregate in low thermal conductivity mortars.** CIB TG 16, Sustainable Construction, Tampa, Florida, USA, p.415-423, 1994.