

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO PARA ALVENARIA UTILIZANDO VERMICULITA EXPANDIDA E BORRACHA RECICLADA DE PNEUS

C.L.D.CINTRA^(1,3), A. E. M.PAIVA⁽²⁾, e J.B.BALDO⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento de Construção Civil do Instituto Federal do Maranhão

⁽²⁾ Departamento de Mecânica e Materiais do Instituto Federal do Maranhão

⁽³⁾ Departamento de Engenharia de Materiais da Univ. Federal de São Carlos
cynthia@ifma.edu.br

RESUMO

Este estudo apresenta dados comparativos das propriedades: densidade de massa (teórica, experimental e aparente), teor de ar incorporado (NBR 13.278), resistência á compressão (NBR 13.279) e aderência á tração (NBR 13.528) de argamassas para revestimento com vermiculita expandida e com partículas (crumbs) de borracha reciclada de pneus.

Os ensaios a fresco e de resistência á compressão das argamassas no estado endurecido, mostram que as argamassas que contem os dois componentes, têm resultados semelhantes daquelas que não foram aditivadas com borrachas na sua composição (só com vermiculita).

Quanto aos resultados obtidos nos ensaios de aderência e os de densidade aparente as que têm na sua composição a borracha reciclada de pneus, são 40% e 30% respectivamente maiores do que as argamassas que não tem esta borracha.

Os resultados indicam que a combinação borracha e vermiculita é uma alternativa mais barata e sustentável, para uso em argamassa de revestimento aplicada em alvenaria.

Palavras-chave: argamassa, vermiculita expandida, borracha reciclada de pneus.

INTRODUÇÃO

O destino final consciente da grande quantidade de resíduos sólidos gerados pelo homem tem sido objeto de muitas pesquisas que acabam tendo como foco principal o aproveitamento destes resíduos para gerar materiais alternativos. A construção civil tem sido uma das áreas que tem absorvido estes materiais aplicados nas edificações.

Em materiais a base de cimento, acrescentar componentes recicláveis não envolve apenas uma questão ambiental, mas muitas vezes tem-se a intenção de modificar ou melhorar algumas propriedades e o comportamento deste produto final, visto que a evolução tecnológica tem exigido cada vez mais o desenvolvimento de

materiais para a construção civil, com comportamento adequado conforme sua aplicação.

Os revestimentos e acabamentos das paredes constituem parte significativa nos nossos edifícios e desempenham um papel importantíssimo no seu comportamento, já que asseguram a proteção das mesmas contra as ações climáticas, mecânicas e/ou ambientais.

Um dos revestimentos tradicionais que continua muito presente em nossos edifícios é o revestimento à base de argamassa ⁽¹⁾. Este elemento construtivo tem como principal função proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação de agentes agressivos, conferindo isolamento termo-acústico, estanqueidade à água e aos gases, regularizando a superfície de vedação para receber outros revestimentos e o acabamento final ⁽¹⁾.

A incorporação de vermiculita a uma argamassa, em virtude das suas características químico/mineralógicas/estruturais, agrega propriedades interessantes tais como: ausência de toxidez, incombustibilidade, capacidade de absorção de líquidos, isolamento térmico e acústico. Por sua vez a borracha reciclada de pneus tem entre outros fatores a finalidade de agregar a este revestimento o caráter da sustentabilidade e a preocupação ambiental.

Para que uma argamassa cumpra as suas funções adequadamente ela necessita ter algumas propriedades específicas ⁽¹⁾, tanto no estado fresco como no endurecido. Dessa forma, o principal objetivo desta pesquisa foi a caracterização de uma argamassa de revestimento para alvenaria, composta de vermiculita expandida e borracha reciclada de pneus, para aplicação em paredes, pisos e lajes. A verificação do potencial construtivo consistiu na avaliação quanto dos aspectos físicos e mecânicos, através dos ensaios de densidade de massa (teórica, experimental e aparente), o teor de ar incorporado, resistência à compressão e a resistência de aderência à tração.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta pesquisa foram estudadas quatro composições de argamassa, dois traços de argamassa utilizando cimento, cal, areia e a vermiculita expandida e dois traços contendo cimento, cal, areia, vermiculita expandida e borracha reciclada de pneus, segundo metodologia utilizada por Segre ⁽²⁾. Na Tabela 1 os materiais e seus

respectivos percentuais utilizados nas composições estudadas, são mostrados. Foram adicionadas às composições um sal sódico de ácido naftaleno sulfônico (SSNS) em pó, que é um aditivo superplastificante para contribuir com a trabalhabilidade e a microsilica com a finalidade de aumentar a resistência mecânica das argamassas propostas.

Tabela 1: Composições das argamassas utilizadas

Composição	A1(%)	A 2(%)	A 3(%)	A 4(%)
Cimento	25	30	25	20
Cal	15	10	20	15
Areia	27	12	12	28
Vermiculita	20	12	40	34
Borracha Grossa	7	18	-	-
Borracha Fina	3	15	-	-
Microsilica	3	3	3	3
SSNS	0,3	0,3	0,3	0,3
H ₂ O	50	40	80	70

A Tabela 2 mostra a procedência dos componentes que foram. As argamassas foram confeccionados misturando-se primeiramente a seco os materiais em um misturador planetário conforme determinação da NBR 13.279⁽³⁾, em seguida colocou-se a água previamente medida e continuou-se misturando para posterior moldagem. Os corpos de provas foram moldados em moldes cilíndricos confeccionados de PVC com base de madeira, medindo 0,50 mm x 100 mm para ensaios de compressão. Para o ensaio de aderência a tração, que é medido através do ensaio de arrancamento por tração, foi feitas aplicações sobre um substrato padrão conforme NBR 14.082 ⁽⁴⁾ de 250 mm x 500 mm x 20 mm.

Tabela 2: Materiais utilizados nas composições

COMPONENTE	FABRICANTE
Cimento CII – Z 32	Votorantim
Areia Fina	Mineração Jundu Ltda
Cal CH III	Votorantim
Arg.Industrializada	Votomassa - Votorantim
Vermiculita Expandida(2mm)	Brasil Minérios Ltda
Sulfotán 131 NSS pó	Resinac Polímeros Ltda
Microsilica 920 U	Elken
Borracha Grossa < 4mm	EcoBalbo
Borracha Fina < 1mm	EcoBalbo

A densidade de massa também denominada massa específica é a relação entre as massas da argamassa e o seu volume podendo ser absoluta e relativa. Na absoluta não são considerados os vazios que estão no volume da argamassa, e na relativa os vazios são considerados ocorrendo desta maneira a variação também do

teor de ar de acordo com a massa específica dos materiais constituintes desta argamassa. A NBR 13278⁽⁵⁾ determina que o cálculo da densidade de massa (A) no estado fresco deve ser realizado através da equação A.

$$A = \frac{M_c - M_v}{V_r} \quad (A)$$

Onde

M_c = massa do recipiente cilíndrico de PVC, contendo a argamassa de ensaio, em g;

M_v = massa do recipiente cilíndrico de PVC vazio, em g;

V_r = volume do recipiente cilíndrico de PVC, em cm^3 .

O teor de ar incorporado é a quantidade de ar presente em um determinado volume de argamassa, segundo a equação indicada (B) pela NBR 13278⁽⁵⁾, devendo ser expresso em porcentagem, arredondado ao número inteiro mais próximo

$$AI = 100 \times \left(1 - \frac{A}{B}\right) \quad (B)$$

Sendo:

A = densidade de massa com vazios

B = densidade de massa teórica da argamassa, sem vazios

Já a densidade de massa aparente é calculada a partir dos corpos de prova em estado endurecido utilizando a fórmula que consta na NBR 13280⁽⁶⁾, pesam-se e medem-se os corpos de provas, calculam-se os volumes dos mesmos e posteriormente calcular-se a razão da massa pelo volume.

A resistência à compressão de um material é a habilidade que este apresenta em resistir às tensões sem fissurar⁽⁷⁾, desta maneira as argamassas de revestimento devem resistir a pequenos esforços de compressão axial, por esta razão foram realizados estes ensaios segundo a NBR 13279⁽³⁾. Cinco corpos de prova cilíndricos de 0,50 mm x 100 mm de cada composição foram ensaiados aos, 28 dias de idade, utilizando uma máquina de ensaio mecânico EMIC Modelo DL 10.000, com a célula de carga de 500 kgf sob velocidade de travessão constante de 1 mm/min. O ensaio foi interrompido quando para o limite de deformação de 10%.

A aderência é uma propriedade que o revestimento tem de se manter fixo ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na

interface base-revestimento. Esta aderência é resultante da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa. As propriedades da argamassa no estado fresco, o material e condições do substrato, os procedimentos da execução do revestimento influenciam diretamente nesta aderência ⁽⁸⁾ .

A grande maioria dos estudos encontrados sobre ensaios de aderência à tração foram realizados em substratos (base para aplicação das camadas de revestimento) cerâmicos ou em blocos de concreto, sendo que nesta pesquisa, a argamassa foi aplicada em substratos de concreto ,seguindo a NBR 14.082⁽⁴⁾ .

Os ensaios realizados no Laboratório do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos, teve início com a aplicação das argamassas sobre os substratos, confeccionados com 28 dias de antecedência. Após 28 dias de cura, efetuam-se os cortes, 12 (doze), empregando-se serra de copo diamantada, acoplada a um equipamento de extração de testemunhos, aonde serão coladas pastilhas.

No dia seguinte, após escovar e fazer a remoção de alguma partícula na superfície dos corpos de prova é feita afixação das pastilhas de alumínio com 50 mm de diâmetro onde foram rosqueadas olhais para acoplar o equipamento de tração, conforme Figura 1.

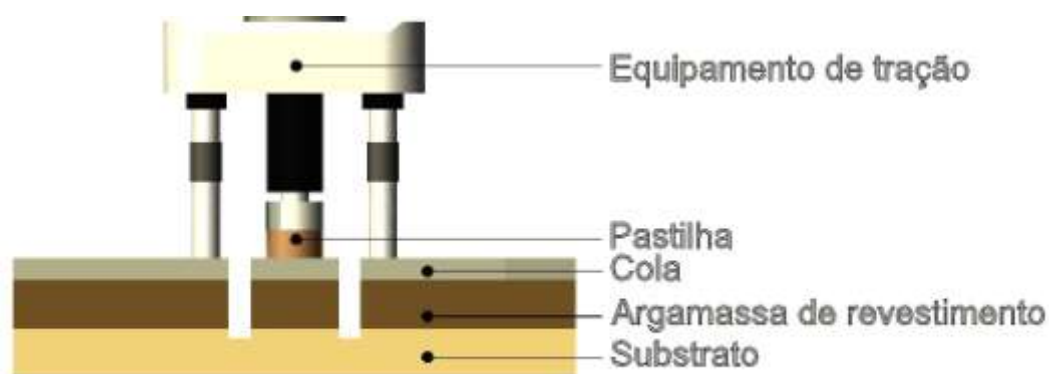


Figura 1 – Esquema da operacionalização do ensaio de aderência

Com 24 h da colagem da pastilha iniciaram-se os ensaios como o equipamento de tração mecânico pull-off tester modelo Dyna, selecionando a taxa de carregamento conforme a tabela que consta na NBR 13528⁽⁹⁾ ,em função da resistência de aderência à tração de tal maneira que o ensaio dure de 10 a 80 segundos.

Após a escolha da taxa de carregamento iniciam-se os ensaios com a ruptura, anota-se o tipo de ruptura do corpo de prova tomando com referência os tipos de rupturas definidas pela NBR 13528⁽⁹⁾.

O cálculo da resistência de aderência à tração é resultado da fórmula (C):

$$R_a = \frac{P}{A} \quad (C)$$

Onde :

R_a = resistência de aderência à tração, em MPa

P = carga de ruptura, em N

A = área da pastilha, em mm²

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 mostra os resultados das densidades (experimental, teórica e aparente), o teor de ar incorporado, a resistência à compressão e a aderência à tração das nossas 4 (quatro) argamassas estudadas.

Tabela 3 : Resultados dos ensaios estados fresco e endurecidos

Argamassa	Densidade experimental (gr/cm ³)	Densidade teórica (gr/cm ³)	Densidade aparente (gr/cm ³)	Teor de ar incorporado (%)	Resistência à compressão (MPa)	Resistência de aderência à tração (MPa)
A1	1,59	1,90	0,80	16.37	1.34	0,24 (b)
A2	1,56	1,75	1,05	10.81	1.44	0,26(b)
A3	1,21	1,71	0,65	29.23	1.36	0,18(b)
A4	1,27	1,67	0,78	23.95	1.25	0,21(b)

(b) Ruptura na argamassa segundo a NBR 13528⁽¹⁰⁾

Como era de se esperar, a densidade de massa aparente das argamassas A1 e A2 são aproximadamente 30% maiores comparativamente aos valores das argamassas A3 e A4, que não contêm borracha.

Quanto ao teor de ar incorporado similarmente a composição com um maior percentual de vermiculita (A3) tem o maior percentual de ar incorporado, enquanto que a com menor percentual de vermiculita (A2) tem o menor teor de ar incorporado.

O teor de ar incorporado é um parâmetro que influencia bastante na trabalhabilidade das argamassas, pois quanto mais leve for a argamassa, mais trabalhável a longo prazo, e isto possibilita reduzir o esforço durante a sua aplicação e resultando em maior produtividade. Porém vale lembrar que este ar incorporado,

que corresponde aos vazios formados pela entrada de ar observados no interior da argamassa, apesar de favorecer a sua trabalhabilidade, prejudica a resistência mecânica⁽¹⁰⁾.

Por sua vez os resultados dos ensaios de Resistência à Compressão das argamassas estudadas, apresentaram valores semelhantes, valores esses que satisfazem plenamente as exigências da NBR 13281⁽¹¹⁾, e que classificam as argamassas como do Tipo I (entre 0,1 e 4,0 MPa).

As relações entre os resultados obtidos nos ensaios citados podem ser resumidas nas Figuras 2 e 3.

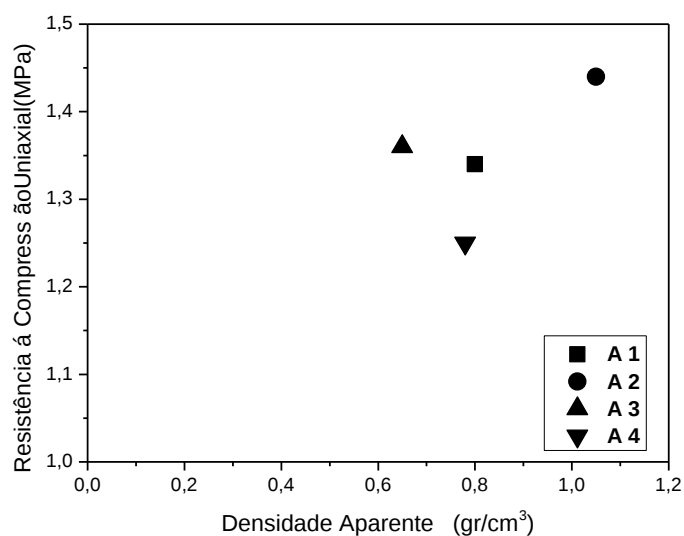


Figura 2 :Densidade Aparente versus Resistência à Compressão das argamassas

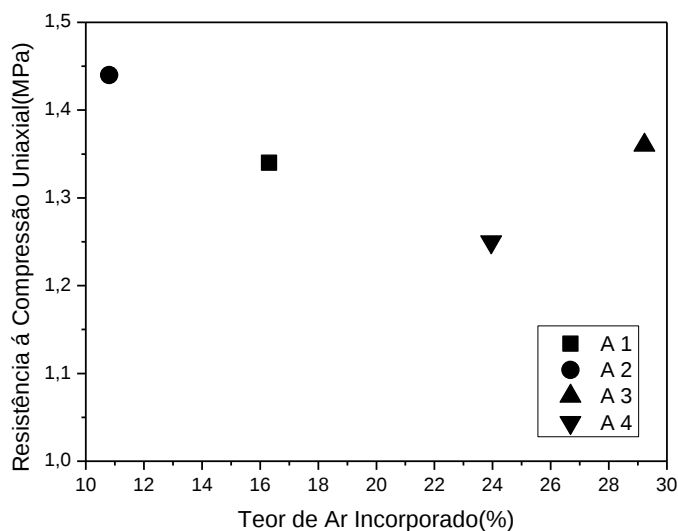


Figura 3 :Teor de Ar Incorporado versus Resistência à Compressão das argamassas

Interessantemente os resultados de ar incorporado vis a vis com os de resistência mecânica e densidade de massa, poderiam indicar uma contradição,

uma vez que seria esperada uma menor resistência mecânica para quem tivesse menor densidade e maior teor de ar incorporado. Essa contradição é apenas aparente, pois se analisarmos a Tabela 1 das composições, pode-se perceber que as argamassas tiveram quantidades de agentes ligantes (cimento+ cal) em teores propositalmente diferenciados para compensar perda de resistência mecânica, quando os teores de vermiculita ou de borracha reciclada foram aumentados. Assim as resistências mecânicas das argamassas contendo vermiculita e/ou borracha reciclada não diferiram acentuadamente, apresentando todas, valores acima dos exigidos pela norma.

Quando se estuda a relação densidade de massa aparente e a resistência á compressão nota-se que a argamassa A3 foi a que apresentou menor densidade aparente, entretanto não foi a que apresentou a menor resistência á compressão, já a argamassa A2 com maior densidade aparente tem a maior resistência á compressão.

Como a argamassa de revestimento não tem função estrutural, a resistência mecânica poderia ser um parâmetro secundário do comportamento do revestimento. Porém como mencionado por Antunes ⁽¹²⁾, a resistência de aderência à tração da argamassa é um componente muito significativo.

A resistência de aderência é importante em casos em que as manifestações patológicas interferem no equilíbrio do sistema, como por exemplo, quando ocorre uma fissura na argamassa e a mesma demora para ser recuperada, a água pode encontrar um caminho por estas fendas e acabar por atingir a interface argamassa – substrato, prejudicando ao longo do tempo, a ligação argamassa- parede desprendendo este revestimento pela falta de aderência ⁽¹³⁾.

Todos os corpos de prova nos ensaios de resistência de aderência á tração tiveram rupturas na própria argamassa, Figura 3, e os resultados satisfazem as exigências da NBR 13749 ⁽¹⁴⁾ que especifica o mínimo de 0,20 MP para revestimentos internos e tetos.

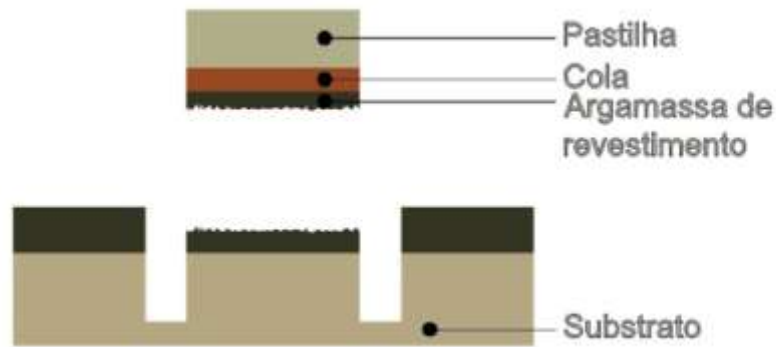


Figura 4: Modo de ruptura das argamassas no ensaio de aderências.

Nas figuras 5 a 7, as relações entre os resultados obtidos nos ensaios de resistência de aderência versus propriedades estudadas são apresentados.

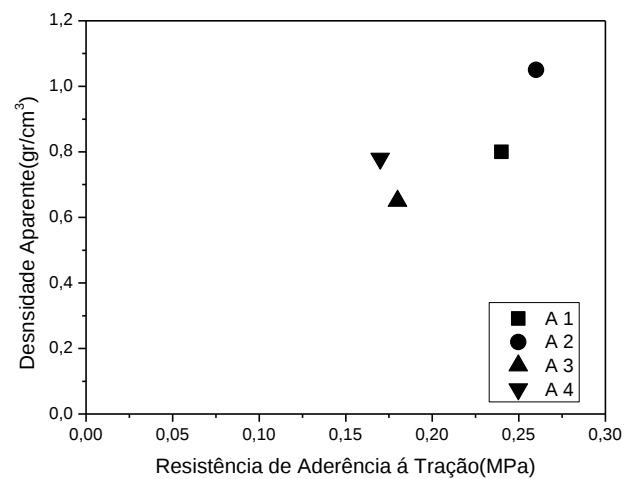


Figura 5: Resistência de Aderência à Tração versus Densidade Aparente das argamassas

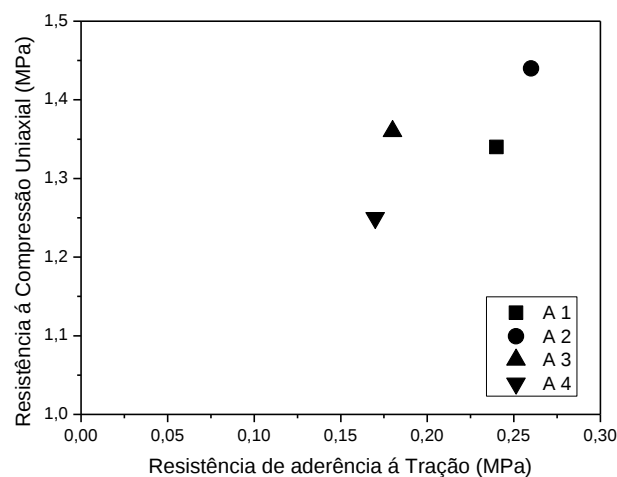


Figura 6: Resistência de Aderência à Tração versus Resistência à Compressão das argamassas

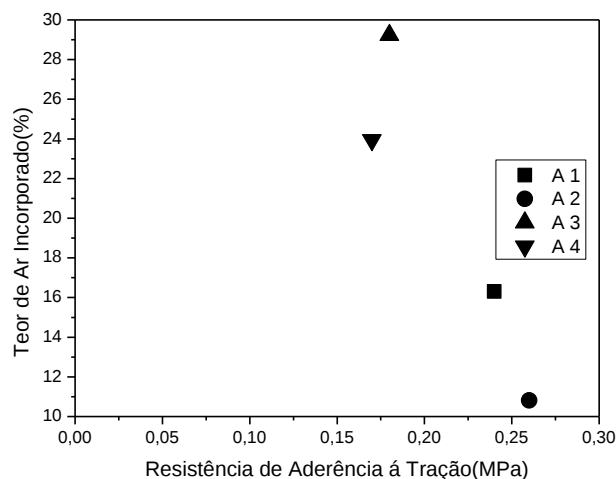


Figura 7: Resistência de Aderência à Tração pelo Teor de Ar Incorporado das argamassas

Os resultados das argamassas com vermiculita expandida e borracha reciclada de pneus (A1 e A2) tem uma aderência 40% maior do que as argamassas sem a borracha reciclada de pneus (A3 e A4). Neste caso, o aumento do percentual maior de borracha (A2 =33%) levou a uma aderência maior que a que tem menor percentual de borracha (A1=10%).

CONCLUSÕES

Foram estudadas neste trabalho novas composições de argamassa na busca de revestimento alternativas que atendam as determinações das normas da ABNT com sustentabilidade.

Com a substituição de um percentual de agregados (areia) pela vermiculita e/ou borracha reciclada de pneus as 4 (quatro) composições, sob uma dosagem adequada de fase ligante (cimento+cal), as argamassas desenvolvidas apresentaram resultados satisfatórios quanto à resistência à compressão e aderência à tração.

Foram obtidos bons resultados com as argamassas contendo vermiculita e/ou borracha reciclada quanto à aderência à tração.

A inclusão de vermiculita e/ou borracha reciclada de pneus, não alterou a trabalhabilidade e aplicabilidade das argamassas se mostrando como componentes com características compatíveis para argamassas de revestimento nas edificações.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem a CAPES e à FAPESP (CMDMC/CEPID).

REFERÊNCIAS

- (1) SILVA, FRANCISCO GABRIEL SANTOS. Proposta de Metodologias Experimentais Auxiliares à Especificações e Controle de Propriedades Físico-Mecânicas do Revestimentos em Argamassa. 2006, 187p. Tese (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.
- (2) SEGRE,N.JOEKES.I.Use of Tire Rubber particles as addition to cement Paste.Cement and Concrete Research nº 30,p.1421-1425,2000.
- (3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR13279 - Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão, 1995.
- (4) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14082 - Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios, 2004.
- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13278 - Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, 1995.
- (6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13280 - Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido, 1995.
- (7)METHAP. K.;MONTEIRO,P.J.M. Concreto estrutura,propriedades e materiais.São Paulo:PINI,1994.
- (8) MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B. SABBATINI, F.H. Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassa para paredes de vedação internas e externa e tetos. São Paulo, 1998.
- (9) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, 2010.
- (10) MANSUR, A.A.P.Avaliação do teor de ar incorporado em argamassas modificadas com poli (álcool vinílico).17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais,Foz do Iguaçu, Paraná.2006.

(11) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-Requisitos. 2005.

(12) ANTUNES, R.P.N. Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimento de argamassa. São Paulo, 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da USP, São Paulo.

(13) LIBÓRIO, J.B. LIBARDI; SILVA, V. SILVEIRA. Estudo da aderência de argamassas de revestimentos e chapiscos em estruturas de concreto armado. 44º IBRACON, Belo Horizonte, Minas Gerais. 2002. ANAIS... Disponível em <http://www.impercia.com.br/tecnologias/ARGAMASSA%20E%20ALVENARIA/ARTIGOS%20SOBRE%20ARGAMASSAS%20E%20EXECUCOES%20DE%20ALVENARIA/ARGAMASSA%20-%20ESTUDO%20DE%20ADER%C3%84NCIA.pdf>, acesso em: 12/12/2012

(14) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. 1996.

COMPARATIVE STUDY OF MASONRY MORTAR CONTAINING VERMICULITE AND RUBBER CRUMBS OF RECYCLED TIRES

ABSTRACT

This study presents comparative study of properties: mass density (theoretical, experimental and apparent), incorporated air content (NBR 13278), resistance to compression (NBR 13279) and will grip traction (NBR 13,528), of mortars containing expanded vermiculite and rubber crumbs from recycled rubber tires.

The results in the fresh and hardened state show that the mortars containing the two components are similar or better than those with vermiculite only. The values satisfied fully those required by the standards.

The adhesion strength and apparent density of the mortars containing rubber crumbs from recycled, were respectively 40% and 30% higher than those of mortars without rubber crumbs.

It could be concluded that the combination of rubber and vermiculite is a cheaper sustainable alternative for masonry mortars.

Key-words: mortar, expanded vermiculite, recycled rubber tires.