

REUTILIZAÇÃO DE APARAS DE FILME POLI(VINIL BUTIRAL) PARA INCORPORAÇÃO EM ARGAMASSA

S. S. Cruz¹; F.C. Correia^{1,2}; C. P. R. Morcelli¹; D. Morais^{2,3}

¹Universidade de Mogi das Cruzes Campus Villa Lobos, São Paulo/SP, Brasil.

²Faculdade de Tecnologia de Itaquera, São Paulo/SP, Brasil.

³Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil.

e-mail: fabioconte@umc.br

RESUMO

Este trabalho visa a utilização de aparas de filme de Poli(vinil butiral) (PVB) advindas do processo de fabricação de vidros laminados em matrizes de argamassa afim de, avaliar a influência nas propriedades mecânicas após incorporação de borracha. Foram incorporadas 2,5; 5; 7,5 e 10% em massa de filme de PVB em relação a massa de agregado miúdo. O traço utilizado foi 1:3 com relação água cimento de 0,48. O filme de PVB foi caracterizado por espectroscopia vibracional no infravermelho (FTIR), os agregados (filme de PVB e areia) foram caracterizados por análise granulométrica. As argamassas com e sem adição de borracha foram avaliadas por ensaios de resistência a compressão. Os resultados iniciais mostram que não há mudanças na estrutura molecular do filme de PVB após incorporação na argamassa. As amostras com adição de borracha apresentaram redução nos valores de resistência à compressão essa redução foi maior em função do aumento da quantidade de borracha. Para amostra com adição de 2,5% de filme de PVB foi observado para 21 dias uma redução de cerca de 20%.

Palavras chave. Filme de PVB, argamassa.

INTRODUÇÃO

A quantidade de resíduo industrial gerado no planeta tem aumentado vertiginosamente devido ao aumento da população mundial e o aumento dos hábitos de consumo. Estes resíduos são produzidos por vários tipos de processos, representando milhões de toneladas por dia em todo mundo, sendo a adequada destinação desses resíduos um dos grandes desafios da humanidade. O desenvolvimento sustentável é de fundamental importância e cada vez mais pesquisas estão sendo realizadas buscando novas tecnologias em materiais que diminuam a deposição de resíduos em aterros. O poli(vinil butiral) (PVB) é um poliacetil produzido a partir da condensação de poli (álcool

vinílico) com butiraldeído na presença de ácidos. O grande interesse no uso de filmes de PVB está baseado em sua estrutura, que apresenta tanto unidades hidrofílicas quanto hidrofóbicas [1,2]. As unidades hidrofóbicas do grupo (vinil butiral) garantem ao polímero boa processabilidade termoplástica e solubilidade em um grande número de solventes, enquanto que as hidrofílicas, do grupo (vinil álcool), fazem com que o polímero apresente afinidade com materiais inorgânicos, tais como os vidros e sílica [3, 4, 5].

Os filmes de PVB são utilizados no processo de fabricação de vidros laminados sendo a indústria automotiva e construção civil os maiores consumidores. Assim como outros polímeros o PVB possui uma longa duração de neutralização, 500 anos aproximadamente. Na literatura são encontrados diversos trabalhos que tratam da incorporação de partículas ou fibras de borracha em concretos e argamassas, em geral é observada uma redução nos valores de resistência a compressão pela adição de material polimérico [6,7,8,9]. No presente trabalho são apresentados os resultados de ensaios mecânicos obtidos a partir da adição de aparas de filmes de poli(vinil butiral) em argamassas cimentícias.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Cimento CP-V ARI, fornecido pela InterCemet Ltda. Sob designação comercial CP-V ARI Cauê. A tabela 1 apresenta a caracterização do cimento.

Tabela1- Caracterização do cimento.

CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND CP-V ARI DA CAUÊ				
MATÉRIA PRIMA	%	ORIGEM DA MATÉRIA PRIMA	EXTRAÇÃO CIDADE / ESTADO	
CLINQUER	85,0	MATÉRIA VIRGEM	IJACI	MG
GESSO	2,50	REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS POR OUTRO PROCESSO INDUSTRIAL	CAJATI	SP
GESSO	5,50	REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS POR OUTRO PROCESSO INDUSTRIAL	PERNAMBUCO	PE
CALCÁREO	5,0	MATÉRIA VIRGEM	IJACI	MG
OUTROS	1,0	REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS POR OUTRO PROCESSO INDUSTRIAL		
EXIGÊNCIAS QUIMÍCAS				
MgO		PERDA AO FOGO	SO ₃	
2,48%		3,65%	3,98%	

* Dados fornecidos pelo fabricante

O filme de Poli(vinil butiral) (PVB), foi doado pela empresa Solutia do Brasil sob designação comercial SAFLEX RB41. O filme de PVB é formado por 70% em massa de PVB e 30% em massa de plastificante, que neste caso é o Trietileno glicol di-etilhexanoato. A estrutura molecular do PVB é apresentada na Figura 1.

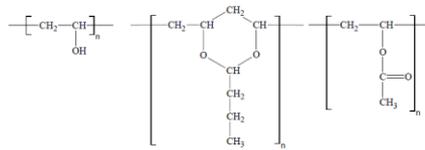


Fig.1 - Estrutura molecular do poli(vinil butiral).

Agregado miúdo: A areia utilizada foi a natural lavada de classificação média, disponível comercialmente.

Métodos

Moagem criogênica do filme de PVB: O filme de PVB foi congelando em nitrogênio líquido e moído em moinho de facas para posterior classificação granulométrica. A figura 2 apresenta imagens do filme de PVB antes e pós moagem.



Fig.2 Imagens Filme de PVB antes (a) e pós-moagem (b).

Obtenção dos corpos de prova:

Os corpos de prova utilizados nos ensaios de resistência a compressão foram confeccionados de acordo com a NBR-7215. O agregado miúdo foi seco em estufa, por 24 horas a uma temperatura de 100°C. O traço utilizado foi de 1:3 cimento/agregado com relação água cimento de 0,48, e as proporções de PVB em relação à massa do agregado miúdo foram de 0,0%; 2,5%; 5%; 7,5% e 10% em massa substituída. A tabela 2 apresenta

a composição dos traços utilizados na preparação dos corpos de prova. Foram moldados 5 corpos de prova cilíndricos de 5x10 cm para cada composição conforme NBR-7215.

Tabela 2 - Composição dos traços utilizados na preparação dos corpos de prova.

Material	TRAÇOS				
	Traço de referência (g)	Traço A1 (2,5%) (g)	Traço A2 (5%) (g)	Traço A3 (7,5%) (g)	Traço A4 (10%) (g)
Areia	1560	1521	1482	1443	1404
Cimento	520	520	520	520	520
Água	250	250	250	250	250
Filme de PVB	0	39	78	117	156

Nos ensaios de resistência à compressão, foram realizados de acordo com a NBR-5739, os corpos de prova foram submersos em água saturada de cal e retirados desse processo aos 7, 14 e 21 dias, foi realizada a medição das dimensões dos mesmos, o capeamento dos corpos de prova foi realizado com uma pasta de cimento e areia média peneirada, sendo utilizado no traço as porções retidas na peneira de abertura de 0,15mm e no fundo, traço do capeamento 1:0,2:0,46 (cimento/areia/água).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 apresenta a caracterização dos agregados por análise granulométrica.

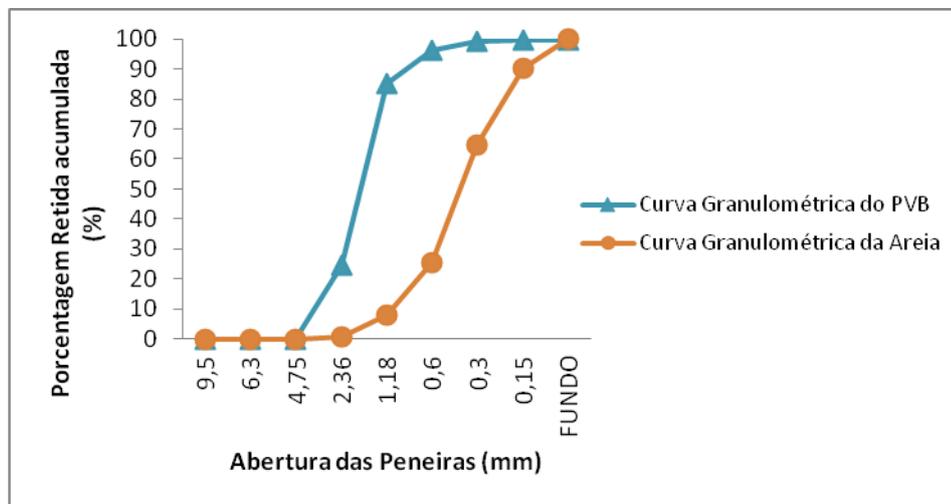


Fig. 3 - Análise de Granulométrica da areia e do PVB

Os resultados apresentados na Figura 4 mostram que para as partículas de PVB possuem tamanho médio entre 100 e 200µm, a areia pode ser classificada como areia média, uma vez que apresentou dimensão máxima característica em torno de 2,40 mm. A Figura 4 apresentam os resultados de resistência a compressão para as argamassa contendo 0; 2,5; 5; 7,5 e 10% em massa de filme de PVB.

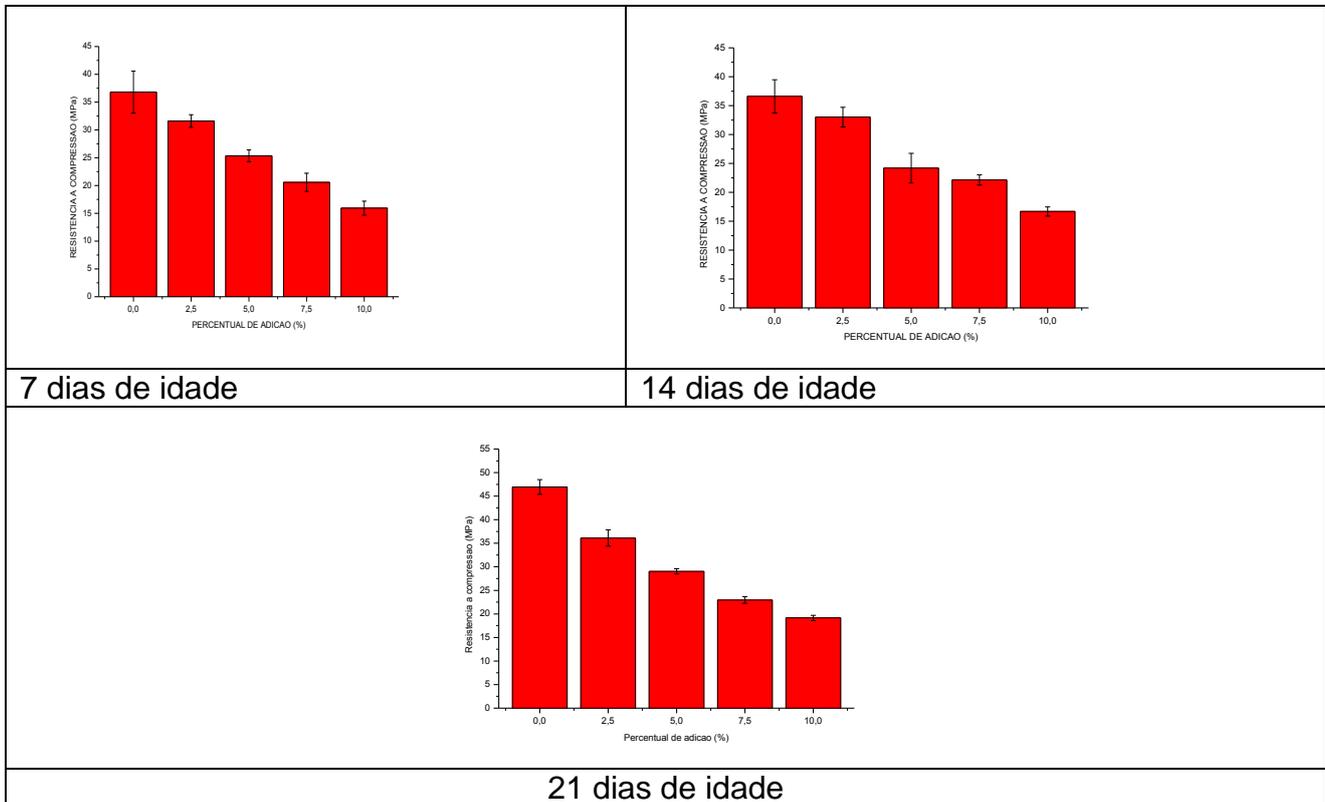


Fig.4 Resultados dos ensaios de resistência à compressão.

A Tabela 3 apresenta de forma resumida os principais resultados de resistência a compressão para as corpos de prova contendo 0; 2,5; 5; 7,5 e 10% em massa de PVB em substituição em relação ao agregado (Areia).

Tab.3 Porcentagem de redução da resistência à compressão de acordo com o teor de adição.

Adição	7 Dias		14 Dias		21 Dias	
	Resultado (Mpa)	Redução %	Resultado (Mpa)	Redução %	Resultado (Mpa)	Redução %
0,0	37	0	37	0	50	0
2,5	32	15	33	10	36	20
5,0	25	30	24	30	29	40
7,5	20	50	22	40	23	40
10,0	16	60	17	50	19	60

Os resultados apresentados na Figura 4 e Tabela 3 mostram que a adição do PVB, substituindo parte do agregado miúdo, gera uma redução nos valores de resistência a compressão, para as amostras contendo 5% em massa de filme de PVB foi observada uma redução de 40% na resistência a compressão aos 21 dias, esses resultados são esperados e corroboram com trabalhos anteriores, BERGAMASCO et al. (2007) [11] analisaram o comportamento de uma argamassa de revestimento com a adição de 6, 8, 10 e 12% de borracha, o módulo de deformação apresentou maiores reduções a partir da adição de 8% do pó de borracha, os resultados apresentados em relação as resistências e módulo foram as mesmas encontradas nos estudos feitos com o concreto houve diminuição de 13,5% da resistências a compressão axial, no entanto apresentou uma diminuição das fissurações o que a tornaria viável na para os revestimentos argamassados.

A Figura 5 apresenta uma imagem do corpo de prova contendo 10% de filme de PVB.

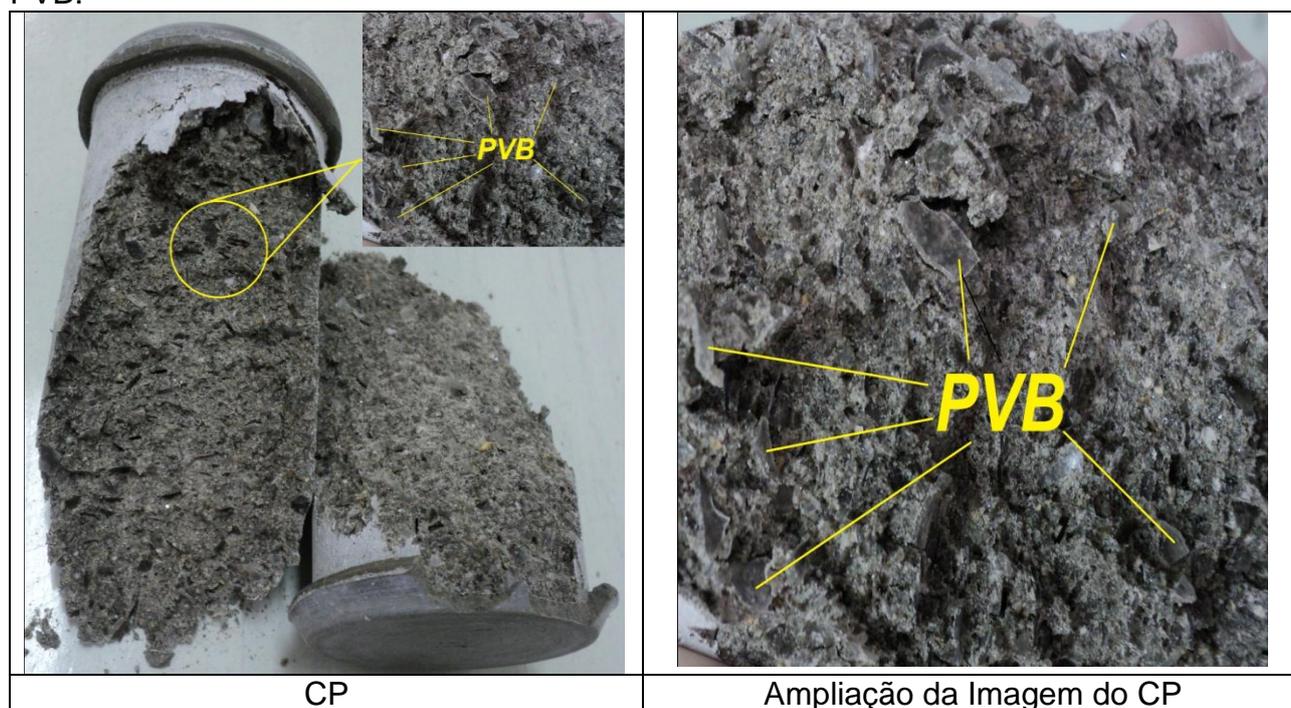


Fig. 5. Corpos de Prova com incorporação de PVB

A imagem apresentada na figura 6 mostra que a uma boa dispersão e adesão das partículas de filme de PVB na argamassa. A fim de avaliar a resistência do filme de poli(vinil butiral) na argamassa foram realizados ensaios de espectroscopia vibracional no infravermelho (FTIR) para as amostras de Filmes de PVB sem adição em argamassa e com adição em argamassa para 21 dias e 2 anos afim de verificar se há degradação na estrutura molecular do filme de PVB, os resultados são apresentados nas Figuras 6, 7 e 8.

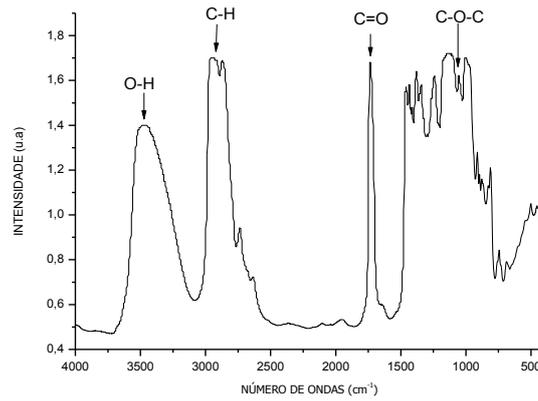


Fig. 6 - Gráfico de FTIR do PVB puro.

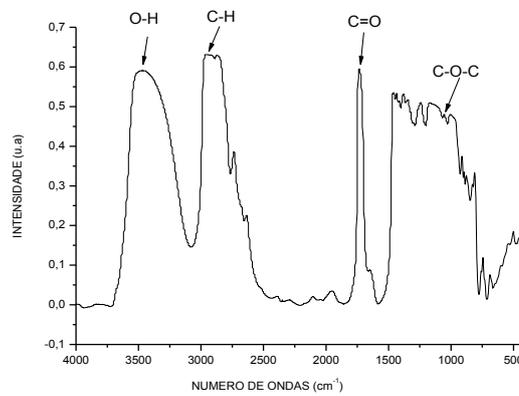


Fig. 7- Gráfico FTIR do PVB imerso em pasta cimenticia por 21 dias.

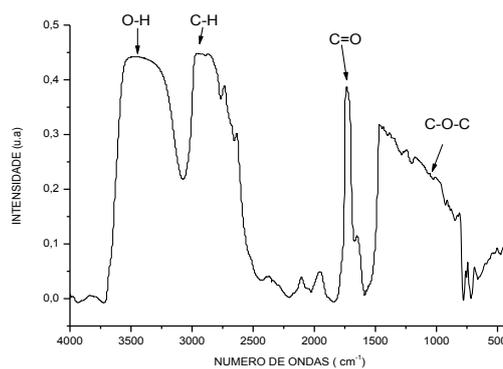


Fig. 8 - Gráfico de FTIR do PVB imerso em pasta cimentícia a 2 anos.

Os espectros de absorção no infravermelho pela técnica de FTIR mostrados nas Figuras 7, 8 e 9 apresentaram banda de absorção em 3480 cm⁻¹ correspondente ao grupo O-H de álcool. A presença da banda referente à deformação axial do grupo O-H deve-se

somente à hidroxila presente em álcool e não à presença de água, fato este confirmado pela ausência de uma banda próxima a 1600 cm^{-1} . Nota-se também a banda referente à deformação axial de C-H em 2870 cm^{-1} . O espectro apresentou a banda correspondente ao grupo carbonila em 1735 cm^{-1} , presente nas unidades vinil acetato do PVB e unidades éster do plastificante (trietileno glicol di-2-etil hexanoato). Observa-se a banda referente à deformação axial assimétrica do grupo C-O-C em 1050 cm^{-1} , correspondente à absorção característica de éteres acíclicos (plastificantes). O grupo C-O-C presente em anel de seis átomos (da unidade vinil butiral) absorve na mesma frequência dos éteres acíclicos. O grupo C-C(=O)-C referente ao acetato de vinila, presente na estrutura do PVB, absorve a uma frequência um pouco menor que os éteres, entre $1190\text{-}1140\text{ cm}^{-1}$ [12]. Os resultados de FTIR não apresentam variações significativas na estrutura molecular do filme de PVB quando o mesmo é adicionado a argamassa.

CONCLUSÕES

Nos ensaios de resistência à compressão mostraram uma diminuição da resistência à compressão para todos os traços obtidos com diferentes adições de PVB, em relação ao padrão (sem adição de PVB). Foi observada uma boa distribuição e adesão das partículas de Filme de PVB na matriz de argamassa o que indica que este material pode ser promissor para aplicações que exijam aumento na absorção de energia uma vez que a borracha (neste caso o filme de Poli(vinil Butiral)) pode vir a funcionar como agente tenacificante. Os resultados de FTIR mostraram que não alteração na estrutura molecular do filme de PVB. Pensando em possíveis aplicações e considerando os resultados preliminares obtidos em relação à resistência mecânica, os traços obtidos com a substituição de agregados minerais por PVB indicam sua potencial possibilidade de aplicação na Indústria da Construção Civil para a fabricação de artefatos não estruturais.

REFERÊNCIAS

- 1 STRIEGEL, A.M. Determining the Vinyl Alcohol Distribution in Poly(vinyl butyral) Using Normal-phase Gradient Polymer Elution Chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 971, p. 151-158, 2002
- 2 Polyvinyl Compounds, Others HALLENSLEBEN, M.L. In: **Ullmann`S Encyclopedia of Industrial Chemistry**. 5.ed. Weinheim: VCH, 1992. V.a21, p. 743-758.
- 3 MORAIS, D.; VALERA, T.S.; DEMARQUETTE, N.R. Evaluation of the Surface Tension of Poly(vinyl butyral) Using the Pendant Drop Method. **Macromolecular. Symposia**. 2006, 245–246, 208–214.

- 4 DHALIWAL, A.K.; HAY, J.N. The Characterization of Poly(vinyl butyral) by Thermal Analysis. **Thermochimica Acta**, vol. 47, p. 245-255, 2002.
- 5 EI-DIN, N.M.S.; SABAA, M.W. Thermal Degradation of Poly(vinyl butyral) laminated Safety Glass. **Polymer degradation and Stability**. Vol. 47, p. 283-288, 1995.
- 6 CAMPOS, W.C.; JACINTHO, A.E.P.G.A. **Concreto com adição de fibras de borracha: um estudo frente às resistências mecânicas**. Anais do XV Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas, outubro, 2010
- 7 GOMES, C. E. M.; FERREIRA, O. P. **Influência das adições do copolímero VA/VEOVA e fibras sintéticas nas propriedades da pasta de cimento portland**. Revista Iberoamericana de Polímeros V.7(3), Agosto de 2006.
- 8 LINTZ, R. C. C. ; SEYDELL, M. R. R. **Propriedades mecânicas do Concreto com adição de borracha de pneus para pavimentos rodoviários**. Estudos Tecnológicos - Vol. 5, nº 3: 363-373 (set/dez. 2009), ISSN 1808-7310
- 9 RODRIGUES, M.R.P.; FERREIRA, O.P. **Compósito cimentício com adição de partículas de borracha de pneus inservíveis**. Minerva, 6(3):255-261, 2010.
- 10 RODRIGUES, P.P.F.; MONTARDO, J.P. **A influência da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos para pisos e pavimentos**, 44º Congresso Brasileiro do Concreto, Belo Horizonte, 2002.
- 11 BERGAMASCO, R. ; CANOVA, J.A. ; NETO, G. A. **A utilização de resíduos de pneus inservíveis em argamassa de revestimento**. Acta Sci. Technol. Maringa, v. 29, n. 2, p. 141-149, 2007.

- 12 SILVERSTEIN, R.M.; WEBSTER, F.X.; KIEMLE, D.J. **Identificação Espectrométrica de Compósitos Orgânicos**. 7. Ed. Rio de Janeiro, LTC, 2007.

Reusing scraps of Poly (vinyl butyral) Films for Incorporation into Mortar

Summary

This study aims to use scraps of poly (vinyl butyral) (PVB) film from the manufacturing process of laminated glass in matrices of mortar in order to evaluate its influence on the mechanical properties after incorporation of the rubber. Incorporation of 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0 weight% of PVB film over the mass of aggregate was made. The mortar mixing used was 1:3 and water cement ratio was 0.48. The characterization of PVB film was done by infrared vibrational spectroscopy, aggregates (PVB film and aggregates) were featured by granulometric analysis and the mortar with/without addition of rubber were evaluated by compressive strength tests. Initial results show that there is no change in the molecular structure of the PVB film after incorporation into mortar samples and the addition of rubber in mortar showed a reduction of the compressive strength values, this reduction was due the increased amount of rubber in mortar samples as expected.

Keywords. PVB film, mortar.