



TECNOMETAL

INFORMAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA DE METALURGIA E METALOMECÂNICA
N.º 173 • NOVEMBRO / DEZEMBRO • 2007 • PREÇO: 7,40€

O papel do hidrogénio no novo paradigma energético

Instalações por cabo para transporte de pessoas

AIMMAP celebra protocolo com BPP

Uma metodologia de benchmarking para a indústria de fundição

**O novo aeroporto de Lisboa
- Reflexões de António Saraiva**



REVISTA

Informação Técnico-Científica
de Metalurgia e Metalomecânica
Ano XXX • N.º 173 • Novembro/Dezembro 2007

Director
António Saraiva

Director Executivo
Rafael Campos Pereira

Director Técnico-Científico
Hermenegildo Pereira

Coordenação Gráfica, Publicidade e Assinaturas
Cristina Veiga

Edição, Redacção, Administração e Propriedade

AIMMAP - Associação dos Industriais Metalúrgicos,
Metalomecânicos e Afins de Portugal
Rua dos Plátanos, 197 • 4100-414 Porto
Telefone: +351 22 616 68 60
Fax: +351 22 610 74 73
E-mail: aimmap@aimmap.pt
Periodicidade Bimestral
ISSN 0870-8444

Registo da I.C.S. 106535/206534

Depósito Legal: N.º 45433/91

Tiragem: 3.000 exemplares

Assinatura anual (6 números) - 2007 - 34€
(mais portes para o estrangeiro 19€)

Órgãos Sociais (trienio 2004-2006)

ASSEMBLEIA GERAL

Presidente: Henrique Ramos (A. Dias Ramos, Lda.);
Vice-Presidente: Adérito Varejão (Serl, Lda.);
Secretário: Manuel Pedro Quintas (TEGOPI, S.A.);
Secretária: Raquel Santos (A Metalúrgica - Bakeware
Production, Lda.)

DIRECÇÃO

Presidente: António Saraiva (Met. Luso-Italiana, S.A.);
Vice-Presidentes: Anibal Campos (Silampos, Lda.),
Jorge Casais (Ferespe, Lda.),
Susana Pombo (Pombo, Lda.),
Luís Marques (Cifial, S.A.),
Manuel Braga Lino (Felino, S.A.),
Rui Ferreira Marques (Ferreira Marques & Irmão, Lda.),
Gonçalo Gall Macedo (Sonafi, S.A.),
Vitor Neves (Colep, CCL Portugal)
Elisio Azevedo (Elisio Paulo & Azevedo, S.A.)
Augusto Maia (Aficor, Lda.)

CONSELHO FISCAL

Presidente: Domingos Matos (F. Ramada, S.A.);
Relator: José Matos (António Augusto Dias Matos, Lda.);
Vogal: João Silvestre (Ivo Cutelarias, Lda.)

Colaboradores neste número

A. Magalhães (INEGI); D. Silva (INEGI);
R. Barbosa (INEGI); S. Guimarães (INEGI);
Filipe J. P. Chaves (FEUP); Lucas F. M. da Silva (FEUP);
Paulo M. S. Tavares de Castro (FEUP);
Luís Maia Carneiro (INESC);
Alberto Fonseca (CATIM); Laura M. M. Ribeiro (FEUP);
J.A. Sarsfield Cabral (FEUP); Filipa Meixedo (FEUP);
Luis M. M. Guardão (INESC); Jorge A. C. Pereira (INESC)

Design Gráfico e Produção

MULTIPONTO - Rafael Valente & Mota, S.A.
Rua D. João IV, n.º 700 - 4000 Porto
Telefs. 22 5193400 • Fax 22 5101290
Internet: multiponto@mail.telepac.pt

Impressão e Acabamento
Litografia Coimbra, S.A.

Propriedade e Edição:

AIMMAP

ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS METALÚRGICOS,
METALOMECÂNICOS E AFINS DE PORTUGAL

TECNOMETAL

SUMÁRIO

EDITORIAL

- Ruído nas empresas 3

MENSAGEM DO DIRECTOR TÉCNICO-CIENTÍFICO 4

INOVAÇÃO E DESIGN

- Papel do hidrogénio no novo
paradigma energético - o desenvolvimento
da economia do hidrogénio 5

INFORMAÇÃO TÉCNICA

- Juntas adesivas em janelas de PVC 15

DIVULGAÇÃO E PROMOÇÃO

- INESC Porto - Instituto de Engenharia de Sistemas
e Computadores do Porto 21

FORMAÇÃO E QUALIFICAÇÃO

- Calendário formação CENFIM - Jan./Fev. 2008 25

HIGIENE E SEGURANÇA

- Instalação por cabo para transporte de pessoas - III PARTE 31

NOTÍCIAS

- AIMMAP e BPP celebram protocolo de colaboração 38

- Sew-Eurodrive Portugal realizou seminário
na Mealhada 40

NOVOS PRODUTOS

- WEG lança contactor compacto 42

- Sistema de troca rápida de mordentes Schunk
para reduzir tempos de montagem 44

- KONTEC KSL - o dispositivo manual mais rápido,
ao melhor preço 44

DESTAQUE

- Uma metodologia de benchmarking para
a indústria de fundição 45

DEPOIMENTO E REFLEXÃO

- O novo aeroporto de Lisboa 53

ANUNCIANTES DESTAQUE

AIMMAP (VERSO CAPA) • B.P. (VERSO CONTRA-CAPA) • BIEHM (41)
• CATIM (CAPA) • CENFIM (CONTRA-CAPA) • CERTIF (20) •
COFACE (30) • DEIBAR (28 e 29) • FUCHS (56) • G.H. (14) • HAAS
(43) • ISCAR (39) • OHRA (19) • PUJOL (24) • SALVAGNINI (52) •
SCHUNK (38) • SEW-EURODRIVE (2) • WEGEURO (37)

JUNTAS ADESIVAS EM JANELAS DE PVC

Filipe J. P. Chaves, Lucas F. M. da Silva, Paulo M. S. Tavares de Castro*

INTRODUÇÃO

Apesar dos adesivos serem utilizados no fabrico de caixilharia de PVC [1], este assunto não foi ainda estudado em detalhe e a sua utilização como elemento de união estrutural nunca foi proposta. As juntas em T foram estudadas no passado [2-4] mas a análise foi limitada a substratos metálicos. As ligações dos cantos das janelas são realizadas por soldadura. No entanto, a ligação da travessa com a janela, como mostra na Figura 1, é difícil de soldar e pode ser unida recorrendo a adesivos estruturais. Na prática, a travessa é carregada de três formas distintas, tal como mostra a Figura 2 e este estudo considerou cada uma delas.

O objectivo deste trabalho prende-se com o estudo da possibilidade de efectuar a ligação da travessa com a janela através da aplicação de um adesivo estrutural. Aproveitando os recentes desenvolvimentos nas formulações dos adesivos foi escolhido um adesivo através de um processo de selecção bem determinado. As juntas em T aparafusadas e coladas foram sujeitas a carregamentos para comparação da resistência mecânica entre as duas soluções. Posteriormente foi realizada uma análise por elementos finitos para a optimização da geometria da junta. Por último, foi realizado um estudo comparativo dos processos e dos custos para a produção de cada junta.

Nas últimas décadas, os adesivos estruturais têm vindo a ser utilizados em várias aplicações industriais. Apesar da sua natureza tradicional, o sector da construção civil tem acompanhado esta tendência e utilizado adesivos estruturais. Como exemplo, temos a indústria da caixilharia de PVC com uma evolução rápida, movida pelo crescimento do mercado. É apenas lógico procurar aplicações para os adesivos estruturais nesta indústria emergente, ávida por melhores desempenhos no isolamento e na qualidade do fabrico. Tendo em mente este factor, o presente artigo estuda a possibilidade de aplicar um adesivo na união das travessas com o caixilho. Os resultados mostram que esta alternativa pode ser vantajosa em termos mecânicos e económicos.

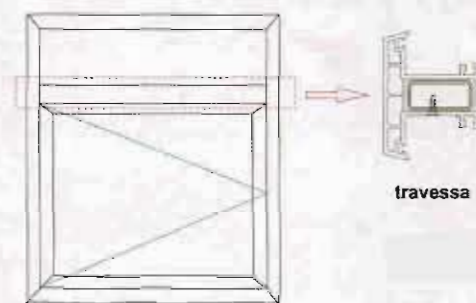


Fig. 1 - Travessa da janela



Fig. 2 - (a) Peso da parte superior com o vidro - posição de teste 1; (b) pressão atmosférica ou do interior do edifício - posição de teste 2; (c) força de encerramento da janela - posição de teste 3

* Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto

TRABALHO EXPERIMENTAL

A selecção do adesivo para esta aplicação considerou o tipo de substrato, os métodos mais práticos para a cura do adesivo e a sua resistência ambiental. Procuraram-se adesivos com módulos de elasticidade próximos do substrato com 2,6 GPa (PVC DECOM 10100 da Deceuninck), tentando promover a continuidade da junta, tendo também em conta a compatibilidade química com o substrato. Foi escolhido um metacrilato modificado, Araldite 2021 (Huntsman), fornecido em cartuchos de 50ml ou 400ml.

Recorrendo à técnica especificada na norma NFT 76-142 [5], foram fabricados provetes de adesivo maciço que foram posteriormente maquinados obedecendo à norma BS 2782. Esses provetes foram ensaiados permitindo confirmar um valor de 1,4 GP a para o módulo de elasticidade e um alongamento de 40%.

Ensaio de tracção em juntas de sobreposição simples com PVC deram uma rotura no PVC provando que existe uma excelente adesão do adesivo 2021 ao PVC.

O efeito da degradação ambiental também foi estudado. A resistência residual do adesivo maciço e de juntas de sobreposição simples foi avaliada após ciclos a 60° C e 80 % de humidade relativa. Verificou-se que o adesivo 2021 apresenta melhor resistência ambiental do que o PVC. Inferiu-se assim que o adesivo é adequado não apenas para a resistência imediata como também para a resistência a longo prazo.

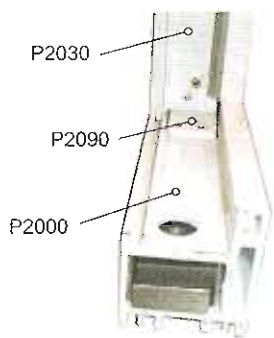


Fig. 3 - Junta em T aparafusada

A junta em T que consiste no componente P2000 colado ou aparafusado ao componente P2090 que é por sua vez colado ou aparafusado ao componente P2030 [6] (Figura 3), foi testada em três posições diferentes (Figura 4). A posição 1, simula o efeito do peso, enquanto a posição 2 simula o efeito da pressão do vento e a posição 3 simula o efeito de fechar a janela contra o caixilho e a travessa.

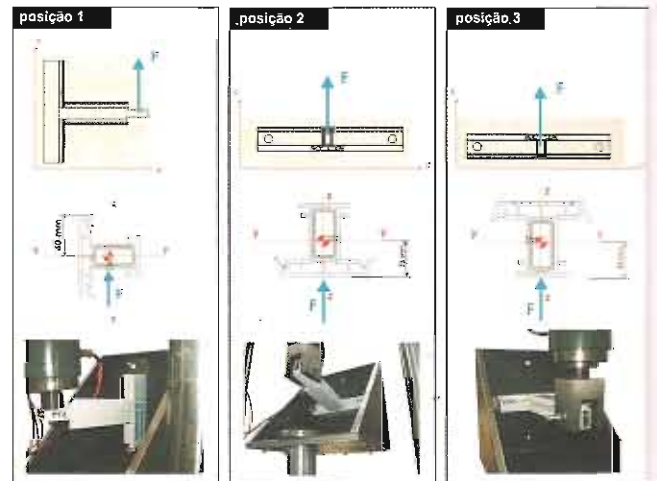


Fig. 4 - Gabarit com os provetes nas três posições de carregamento

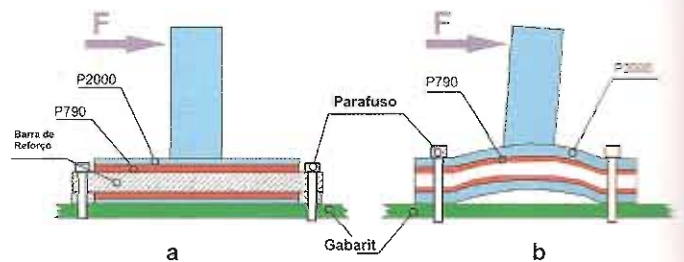


Fig. 5 - (a) Esquema do ensaio com barra de reforço, evitando a flexão da base. (b) e sem barra de reforço, resultando na flexão da base

Foram realizados dois tipos de testes: juntas em T com barra de reforço (base rígida) e outras sem barra de reforço (simulando a utilização real nos edifícios), conforme se vê na Figura 5.

Os resultados das juntas em T (ver Figuras 6 e 7) mostram que as juntas adesivas apresentam melhor ou idêntica capacidade para suportar os carregamentos comparativamente com as juntas aparafusadas (por exemplo a posição 1, sem reforço). De notar que a junta adesiva não sofreu optimização e os componentes utilizados para a união aparafusada não foram alterados.

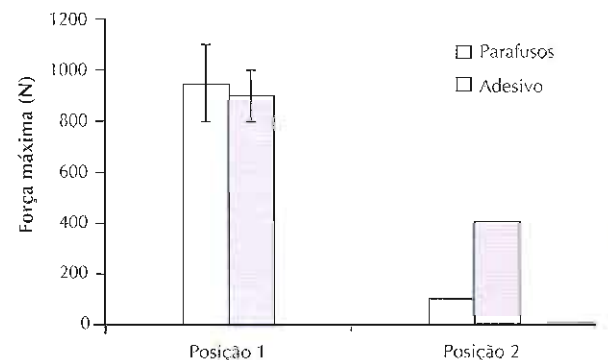


Fig. 6 - Força máxima das juntas em T, aparafusadas e coladas para a posição 1 e 2 com barra de reforço

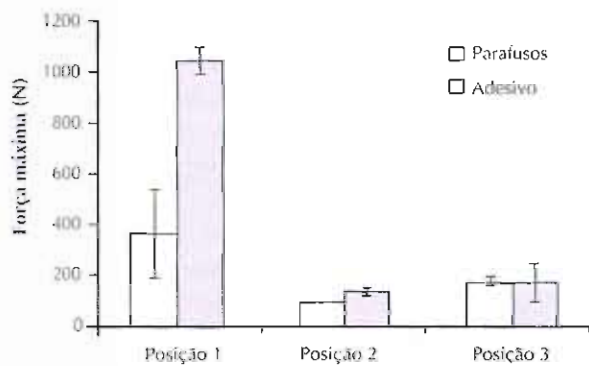


Fig. 7 – Força máxima das juntas em T, aparafusadas e coladas, para a posição 1, 2 e 3 sem barra de reforço

É também digno de notar que a rotura estrutural completa não ocorreu abruptamente em ambos os tipos de juntas (aparafusadas e coladas). Estas uniões em T são tolerantes ao dano e apresentam um bom desempenho em termos de segurança.

ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS

O método dos elementos finitos (MEF) foi utilizado para determinar a distribuição de tensões das juntas em T previamente testadas e otimizar o comportamento mecânico da junta, alterando a geometria da junta. O programa de pré-processamento FEMAP v.8.3. foi utilizado para gerar a geometria e a malha, sendo depois importadas para o programa ABAQUS v.6.5, onde se fez o cálculo e processamento. A análise pelo MEF das juntas em T testadas permitiu prever qualitativamente os resultados experimentais. Os picos de tensão são muito menores no caso das juntas adesivas para a posição 1 sem reforço, enquanto que para as posições 2 e 3 as diferenças são mínimas. Apresenta-se na Figura 8 um exemplo de distribuição de tensão para uma junta em T colada sem reforço carregada segundo a posição 1.

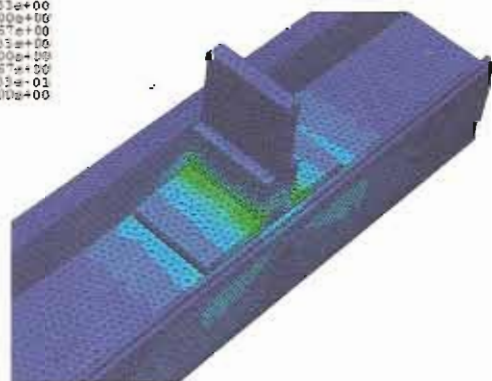
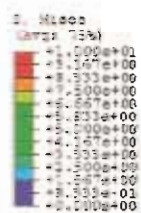


Fig. 8 – Distribuição da tensão de von Mises para uma junta em T colada carregada segundo a posição 1 sem reforço

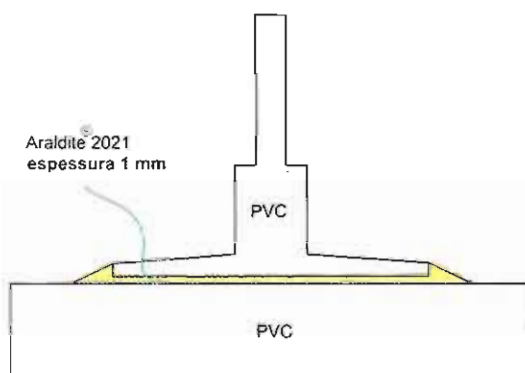


Fig. 9 – Junta A: Filete de adesivo

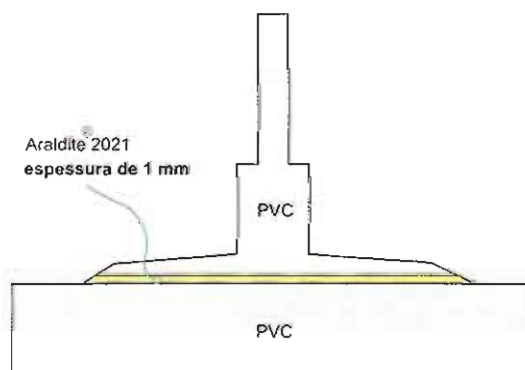


Fig. 10 – Junta B: Chanfro exterior no T e filete de adesivo

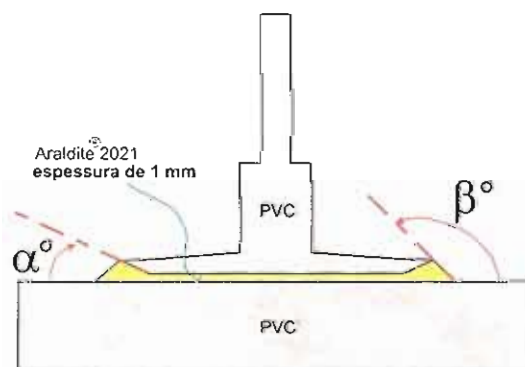


Fig. 11 – Junta C: Chanfro interior no T e filete de adesivo

A geometria do acessório (P2090) utilizado para a junta em T foi otimizada para a sua utilização em junta adesiva. Essa otimização serviria para obter uma redução dos pontos de concentração de tensões. Foram implementadas alterações geométricas na junta por forma a reduzir as tensões de corte e de arrancamento nas extremidades da base das juntas em T [7] (Figuras 9, 10 e 11) para os três carregamentos. Os resultados da otimização mostram uma redução de cerca de 30% para a Junta C carregada na posição 1 (de 5,463 MPa para 4,14 MPa). A Tabela 2 resume os resultados obtidos para as posições 1, 2 e 3. As Juntas A, B e C apresentam pouca influência quando se considera as posições 2 e 3, o

TABELA 2

VALORES MÁXIMOS DA TENSÃO DE VON MISES EM MPA OBTIDOS NA ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS DAS DIFERENTES JUNTAS EM T

	Original	Junta A	Junta B	Junta C
Posição 1	5,463	4,96	4,52	4,14
Posição 2	0,86	0,87	1,51	0,93
Posição 3	1,234	1,24	1,45	1,33

que faz sentido, tendo em conta que nestes casos o ponto crítico não aparece nas extremidades do T, mas sim nas faces laterais, uma vez que as Juntas B e C tendem a aumentar as tensões no adesivo, devem ser evitadas. Desta forma a Junta A é a recomendada, porque reduz as tensões na posição 1 e praticamente não afecta as posições 2 e 3. Além disso, é a solução mais fácil em termos de fabricação.

ANÁLISE DOS PROCESSOS E CUSTOS

Este estudo não ficaria completo sem uma análise dos custos e do processo de fabrico para cada solução (soldada, aparafusada e colada).

Em termos de consumo de tempo, a junta soldada em V, obriga a uma fresagem prévia para conformar o V no perfil da travessa P2030 e também na base do aro P2000. De seguida as partes são soldadas numa máquina própria e o excesso de material é removido após arrefecimento da junta. Este processo demora cerca de 8 minutos.

Quando são utilizados parafusos, é necessário fresar o perfil da travessa P2030 para encaixar no perfil do aro P2000, colocar o acessório P2090 no interior da travessa aparafusando-o com quatro

parafusos e depois este conjunto é aparafusado ao P2000. Este processo demora cerca de 5 a 6 minutos. No entanto, para garantir o isolamento é necessário colocar um fio de silicone na junta, o que acrescenta 1 a 2 minutos. Resultam assim cerca de 8 minutos para este processo.

No caso da junta ser colada com adesivo estrutural, existe a necessidade da mesma fresagem da travessa P2030 para o encaixe no aro P2000. O adesivo é distribuído nas faces superiores do acessório P2090 que é inserido na travessa P2030 e logo de seguida este conjunto é colado à base do P2000 através da aplicação do adesivo na face inferior do acessório P2090, conforme se vê na Figura 12. Como o adesivo funciona como vedante, não há a necessidade de aplicação de silicone, gastando este processo cerca de 6 minutos.

A máquina utilizada para soldar a junta em V, é onerosa, representando um investimento considerável e consumindo bastante energia eléctrica. Requer o investimento numa máquina adicional para promover a limpeza da junta. É o único processo que não exige acessórios. É indicado para elevadas taxas de produção.

A junta aparafusada requer a utilização do acessório P2090 e de parafusos que necessitam de uma máquina de aparafusar eléctrica ou pneumática. A utilização do silicone para vedação requer uma pistola de silicone. É a solução mais utilizada nas pequenas e médias séries.

A junta adesiva requer a utilização do mesmo acessório P2090 e do adesivo estrutural que pode ser aplicado em cartuchos industriais de 400 ml, com uma pistola pneumática.

A Tabela 3 resume os custos e as características dos vários processos, acabamentos, riscos para o trabalhador e tratamentos adicionais para cada solução em análise.

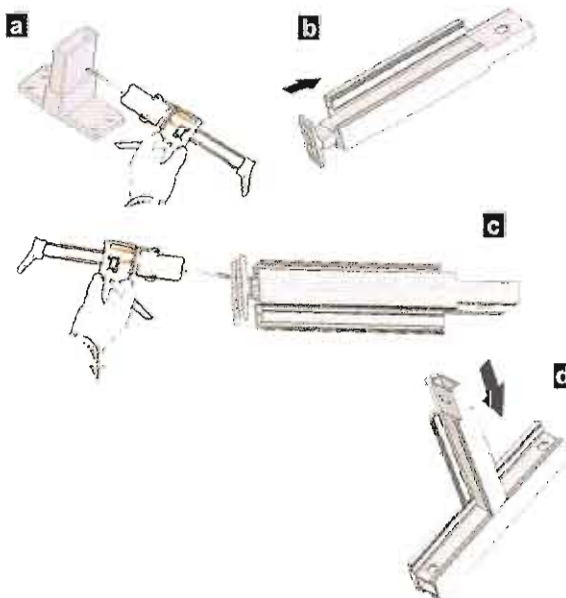


Fig. 12 – Fabrico da junta em T colada

TABELA 3

ANÁLISE DOS CUSTOS E PROCESSOS DE FABRICO PARA CADA SOLUÇÃO (SOLDADA, APARAFUSADA E COLADA)

	Soldadura	Mecânica (Parafusos)	Adesivo (Araldite 2021)
Consumo de tempo (min.)	8	6-8	6
Ferramentas*	++++	++	+
Acabamento	ideal	mau	bom
Isolamento	ideal	mau	bom
Riscos	consideráveis	baixos	consideráveis
Tratamento	limpeza	silicone	limpeza

* +++++ muito caro, +++ caro, ++ razoável, + barato

CONCLUSÕES

A possibilidade de recorrer a adesivos estruturais para o fabrico de juntas em T em janelas de PVC foi

estudada experimental e numericamente, recorrendo aos elementos finitos. A juntas coladas foram comparadas com juntas em T convencionais aparafusadas. As principais conclusões são:

1. Um adesivo de metacrilato modificado é adequado para colar PVC a curto e longo prazo.
2. Os resultados dos ensaios preliminares realizados com juntas em T coladas, com a mesma geometria das juntas em T aparafusadas provam ter melhor ou idêntica resistência quando comparadas com as juntas em T aparafusadas.

3. A resistência da junta em T colada pode ser otimizada recorrendo à utilização de geometrias com filetes nas extremidades do T.

4. As juntas adesivas apresentam-se competitivas em termos económicos quando comparadas com as soluções existentes na indústria.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as seguintes entidades: FEUP, INEGI, Decafil PVC Caixilharia, Lda, Deceuninck N.V. Sucursal en España e Reciplás, Lda. ■

REFERÊNCIAS

1. Cirillo F, Maier S. Superior properties through innovative assembly: Adhesive bonding in window manufacturing, structural glazing and other applications, WCARP-III, Pequim, China, 2006.
2. Apalak MK, Apalak Z, Gunes R. *J Adhesion Sci Technol* 2003, 17, 995-1016.
3. da Silva LFM, Adams RD. *Int J Adhes Adhes* 2004, 22, 311-315.
4. Marcadon V, Nadot Y, Roy A, Gacougnolle JL. *Int J Adhes Adhes* 2006, 26, 481-489.
5. da Silva LFM, Adams RD, Gibbs M. *Int J Adhes Adhes* 2004, 24, 69-83.
6. Deceuninck NV. *Deceuninck Zendow Windows Catalogue*, 2004.
7. Adams RD, Atkins RW, Harris JA, Kinloch AJ. *J Adhesion* 1986, 20, 29-53

Visita e Orçamento de um Técnico grátis

ESTANTES



- Estantes Cantilever
- Estantes Bobines de aço
- Estantes Paletização
- Plataformas
- Armazens-Autoportantes
- Estantes móveis

OHRA Portugal
 St. António, Apt. 179
 2440-901 Batalha
 Tel.: 244-76 79 92
 Fax: 244-76 79 65
 Telemóvel: 96 80 38 483
 E-mail: gomes@ohra.de
 Internet: www.ohra.net

OHRA 
 LAGERSYSTEME MIT KONZEPT

**Especialistas em
 Armazenagem de Metais!**