

ESTUDO DE ADESIVOS CONDUTIVOS ISOTRÓPICOS UTILIZADOS PARA A FIXAÇÃO DE COMPONENTES ELETRÔNICOS¹

Egont Alexandre Schenkel²,
Talita Mazon³,
Fernando Fujimoto⁴,
Sebastião Eleutério Filho⁵,
Carlos Alberto Mendes de Oliveira⁶,
Marcos Batista Cotovia Pimentel⁷,
Márcio Tarozzo Biasoli⁸

Resumo

Atualmente, os adesivos condutivos estão sendo visados como possível alternativa para substituir as pastas de solda convencionais na montagem de componentes eletrônicos em placas de circuito impresso (PCI), por serem menos nocivos ao meio ambiente e pela capacidade de fazer junções fine pitch. No entanto, pouco se conhece sobre o comportamento e propriedades dos adesivos condutivos isotrópicos, na forma de pasta, na montagem de componentes eletrônicos em PCIs. Este trabalho teve como objetivo estudar as propriedades físicas e químicas, assim como o comportamento de alguns adesivos condutivos comerciais, visando a sua utilização na "soldagem" de componentes eletrônicos. Três diferentes adesivos condutivos isotrópicos comerciais (na forma de pasta) foram utilizados. Inicialmente, filmes espessos destes adesivos foram preparados em substrato de vidro com a finalidade de analisar o comportamento de resistividade elétrica em função do tempo e da temperatura de cura. Em uma segunda etapa, os adesivos foram utilizados para fixar diferentes tipos de componentes eletrônicos em PCI. Com o intuito de caracterizar a microestrutura da interface componente/adesivo/placa, amostras foram caracterizadas por microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura. Para verificar a viabilidade do uso desses adesivos, foram feitos testes elétricos funcionais e os resultados obtidos foram comparados aos da solda convencional. Verificou-se que os adesivos condutivos apresentaram propriedades físicas compatíveis aos da pasta de solda convencional.

Palavras-chave: Adesivos condutivos isotrópicos; Soldas livres de chumbo; Tecnologia de montagem em superfície.

STUDY OF ISOTROPIC CONDUCTIVE ADHESIVES USED FOR SURFACE MOUNT OF ELECTRONIC COMPONENTS

Abstract

Recently, conductive adhesives have been considered as alternatives for replacing conventional solders in the mount technology of the electronic components on print circuit board (PCI), due to necessity to look for environment – friendly materials and fine pitch components. However, there is a little information about the behavior and properties of the isotropic conductive adhesives (as paste) for using in the mounting of the electronic components. The objective of this work was to study the physical and chemistry properties, as well as the behavior of isotropic conductive adhesives aiming their use in the "soldering" of electronic components. Three different commercial isotropic conductive adhesives were utilized in this study. Firstly, thick films were prepared on glass substrate aiming to analyze the behavior of resistivity as function of the time and temperature of cure. Secondly, the adhesives were utilized for fixing different kinds of electronic components on PCI. Then, the samples were characterized by optical and scanning electronic microscopy with the purpose of verified the component/adhesive/PCI interface. Electric tests were realized to verify the viability of the use of these adhesives and the results are compared with the conventional solders. It was observed that the isotropic conductive adhesives showed properties compatible to conventional paste solders.

Key-words: Isotropic conductive adhesives; Lead free solders; Surface mount technology.

1 - Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

2 - Graduando em Física – IFGW-UNICAMP, bolsista PIBIC/CNPq na DEE - CenPRA

3 - Doutora – DEE – Centro de Pesquisas Renato Archer, CenPRA – Rod. D. Pedro I, Km 143 – Campinas – SP, CEP 13069-901.

4 - Especialista – DEE - Centro de Pesquisas Renato Archer, CenPRA – Rod. D. Pedro I, Km 143 – Campinas – SP, CEP 13069-901.

5 - Mestre – DAPE - Centro de Pesquisas Renato Archer, CenPRA – Rod. D. Pedro I, Km 143 – Campinas – SP, CEP 13069-901.

6 - Doutor – DAPE - Centro de Pesquisas Renato Archer, CenPRA – Rod. D. Pedro I, Km 143 – Campinas – SP, CEP 13069-901.

7 - Especialista – DAPE - Centro de Pesquisas Renato Archer, CenPRA – Rod. D. Pedro I, Km 143 – Campinas – SP, CEP 13069-901.

8 - Mestre – DEE - Centro de Pesquisas Renato Archer, CenPRA – Rod. D. Pedro I, Km 143 – Campinas – SP, CEP 13069-901.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria eletrônica tem procurado por materiais menos nocivos ao meio ambiente, movidos por diretivas como a RoHS (Restriction of Hazardous Substances) e WEEE (Waste Electrical and Electronics Equipments), publicadas nos países da União Européia e da Ásia, as quais proíbem o uso de algumas substâncias ou elementos tóxicos em produtos elétricos e eletrônicos a partir de 1 de julho de 2006.⁽¹⁾ Nos Estados Unidos, a "Environmental Protection Agency" também estipulou que a porcentagem de descarte do chumbo no produto final deve ser menor que 0,1%.

A preocupação da indústria eletrônica com estas diretivas está no fato da maioria delas utilizarem uma liga metálica contendo chumbo, metal extremamente tóxico, para fazer a soldagem de componentes eletrônicos em PCI.^(2,3) Diante das novas legislações, a indústria eletrônica tem procurado alternativas de eliminar o chumbo dos processos de soldagem.^(4,5)

Os adesivos condutivos são compósitos constituídos por partículas metálicas, denominadas "fillers", dispersas em uma matriz polimérica.^(6,7) Dependendo da concentração de "fillers" os adesivos podem ser isotrópicos (denominados ICA) e conduzir corrente elétrica em todas as direções, ou serem anisotrópicos (denominados ACA) e ter um sentido preferencial de condução.^(8,9)

Atualmente, a maioria dos adesivos condutivos isotrópicos comerciais são constituídos por uma mistura de pó e "flakes" de prata metálica dispersos em uma matriz de resina epoxi. A prata é utilizada devido a sua alta condutividade elétrica ($10^7 \Omega^{-1} m^{-1}$), maleabilidade e facilidade no processamento de partículas com diferentes formas. A resina epoxi é utilizada devido a seu fácil uso e disponibilidade de centenas de combinações de resina/endurecedor, que gera uma aderência geralmente superior. Essa combinação promove adesivos condutivos bastante funcionais.

Quando comparados com as pastas de solda, os ICAs apresentam uma série de vantagens, como por exemplo, capacidade de condução elétrica em pequenas áreas (fine-pitch), flexibilidade nas juntas de adesão, eliminação do uso de fluxo e temperaturas de trabalho mais baixas que no processo de soldagem convencional.⁽¹⁰⁻¹²⁾ Por outro lado, alguns problemas relacionados a fragilidade da junta adesiva e ao fato da condutividade elétrica ser ligeiramente mais baixa se comparado as soldas convencionais, seja ela "lead-free" ou estanho-chumbo (Sn-Pb), são problemas que afetam a confiabilidade de componentes montados com adesivos condutivos.

O objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades químicas e físicas, bem como o comportamento dos adesivos condutivos isotrópicos comerciais (forma de pasta) quando utilizados na montagem de componentes eletrônicos em placas de circuito impresso. A viabilidade, vantagens e desvantagens da utilização desses adesivos em todo processo de montagem SMT são discutidas e apresentadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram selecionados adesivos condutivos isotrópicos comerciais (na forma de pasta) de três diferentes fabricantes, sendo denominados neste trabalho como adesivos A, B e C. As especificações dos adesivos são apresentadas na Tabela 1. Contudo, para efeito de estudo, as

temperaturas utilizadas nos experimentos ultrapassaram as temperaturas recomendadas.

Tabela 1. Dados fornecidos pelos fabricantes dos ICAs utilizados neste trabalho

	Adesivo A	Adesivo B	Adesivo C
Fabricante/Marca	Henkel Loctite 3880	Oxychem Oxysim 502-40	Ablestik Ablebond 84-1LMI
Material Condutivo	Prata (Ag)	Prata (Ag)	Prata (Ag)
Tipo de Resina	Epoxi	Epoxi	Epoxi
Viscosidade⁽¹⁾	75000 - 200000 cP	35000 - 45000 cP	22000 cP
Tempo de Cura	6 min ⁽²⁾	15 min ⁽³⁾	60 min ⁽²⁾
Temperatura de Transição Vítrea	40°C	85 °C	103°
Resistividade⁽⁴⁾	0,0008 Ω.cm	0,5 Ω.cm	0,0006 Ω.cm

1- à 25°C e 5 rpm

2- à 150°C

3- à 120°C

4- cada fabricante utiliza métodos diferentes para medida de resistividade

Inicialmente, os ICAs foram utilizados para preparar filmes espessos em substratos de vidro, com a finalidade de estudar as variações na resistividade elétrica de cada material em função da temperatura e do tempo de cura. Os ICAs foram depositados nos substratos utilizando tecnologia “screen-printer”. Após a deposição, os filmes foram curados em estufa a 150°C, temperatura recomendada pelos fabricantes dos adesivos A e C. Em intervalos de tempos regulares (10 min.), foram feitas medidas de resistividade elétrica das amostras utilizando o método de 4 pontas (equipamento Thin Film Devices – mod. FPP-2000). Também foram feitas medidas de resistividade elétrica em função da temperatura de cura. Neste caso, novas amostras foram preparadas. Variou-se a temperatura de cura entre 125 a 175 °C e o tempo de cura foi mantido em 30 minutos.

Em uma segunda etapa, os ICAs foram utilizados para fazer a fixação de componentes eletrônicos (capacitores, resistores e semicondutores com terminal J) em placas “dummy” (Topline), utilizando a tecnologia de montagem em superfície (SMT). Após a montagem dos componentes sobre a placa, os adesivos foram curados a 150 °C por 40 minutos. Em seguida, foram preparadas amostras para análise microestrutural da interface placa/adesivo/componente. As amostras foram cortadas, embutidas em resina epoxi, polidas e caracterizadas por microscopia óptica (Microscópio Olympus SZX ILLD2-100 estéreo e Olympus PME metalográfico) e microscopia eletrônica de varredura.

Para fazer os testes elétricos funcionais, foram utilizadas placas de circuito impresso de LCD (mostrador de cristal líquido). Inicialmente, escolheu-se 4 resistores ôhmicos soldados com pasta de solda convencional e mediu-se a resistência, corrente elétrica e a tensão elétrica em cada um deles. Após essa etapa, os componentes foram removidos com o auxílio de uma estação de dessolda (PACE), limpos e fixados novamente com os adesivos condutivos isotrópicos. Então, foram medidas as mesmas propriedades e os resultados foram comparados e discutidos. Para as medidas de resistência e tensão utilizou-se um multímetro Fluke 112 e para medidas de corrente elétrica utilizou-se um multímetro Keithley 195A.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 são apresentados os gráficos de resistividade elétrica em função da temperatura de cura obtidos para os adesivos estudados. O tempo de cura foi fixado em 30 minutos. Como pode ser observado nos gráficos da Figura 1, um aumento na temperatura de 150°C para 175°C praticamente não altera o valor da resistividade elétrica (ρ) para as amostras A e C. Por isso, a temperatura de 150 °C foi considerada como temperatura ideal de cura e foi utilizada nos demais testes deste trabalho. A amostra B teve um comportamento diferente das demais, pois a resistividade aumentou com o aumento da temperatura de cura (Figura 1).

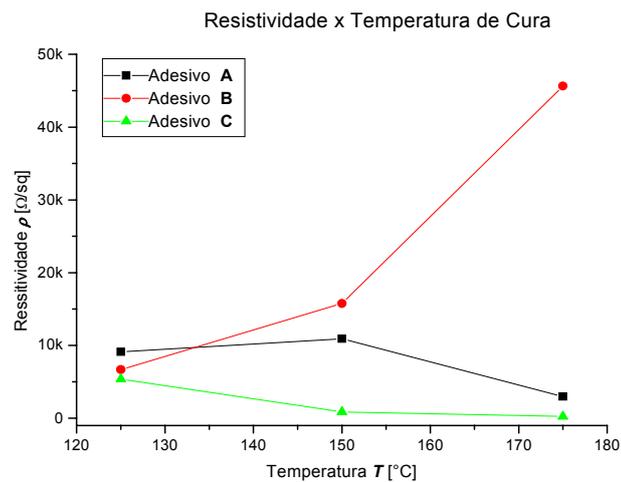


Figura 1. Gráficos de Resistividade versus Temperatura de Cura obtidos para os ICAs depositados em substratos de vidro e curados em estufa por 30 min., em diferentes temperaturas.

Os gráficos de resistividade elétrica em função do tempo de cura obtidos para os filmes espessos dos adesivos são apresentados na Figura 2. Nestes experimentos a temperatura de cura foi fixada em 150°C. Observa-se que os valores de resistividade permanecem praticamente constante após 30 min de cura para as amostras A e C. Para o adesivo B, a resistividade aumentou com o aumento do tempo de cura.

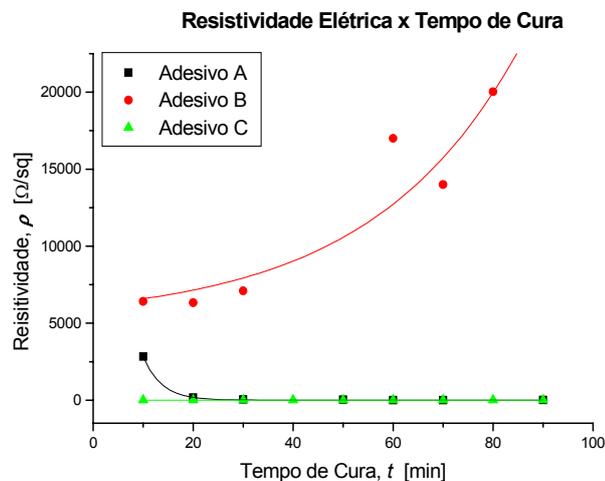


Figura 2. Gráfico Resistividade versus Tempo de Cura para temperatura de 150 °C.. Adesivos A, B, C

O comportamento apresentado pelo adesivo B (Figuras 1 e 2) deve estar relacionado com a degradação do polímero durante o processo de cura. No entanto, novos estudos estão sendo realizados visando a comprovação desta hipótese.

Nas Figuras 3 a 5 são apresentadas as imagens obtidas por microscopia óptica da seção transversal das amostras preparadas com os diferentes ICAs e curadas a 150°C por 40 minutos. Em todos os casos é possível observar a boa adesão dos componentes às placas “dummy”, indicando que é possível fazer a fixação de componentes eletrônicos em PCIs com adesivos condutivos. Nas micrografias obtidas por microscópio metalográfico (Figuras 3(b), 4(b) e 5(b)) é possível observar a presença dos “fillers” por toda a extensão da junta. Também pode se observar que há uma maior deposição dos “fillers” próxima às interfaces pad/adesivo e componente/adesivo. A espessura da camada de “fillers” nestas interfaces pode chegar até aproximadamente 8 µm em espessura.

Comparando as Figuras 3(b), 4(b) e 5(b), nota-se que a quantidade de “fillers” no adesivo B é bem menor que nos demais. Isto comprova os altos valores de resistividade obtidos para este adesivo.

Na Figura 6 está apresentada a micrografia obtida por MEV da junção placa/adesivo/componente. Observa-se que não há formações de camadas intermetálicas, como ocorre no processo de solda convencional.

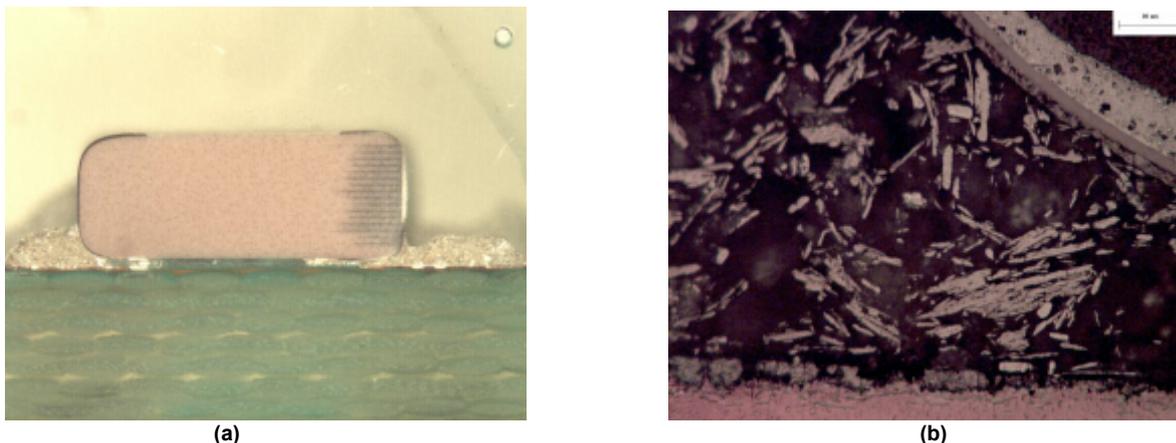


Figura 3. Resistor fixado com Adesivo A. (a) foto obtida com estéreo microscópio - ampliação de 32x. (b) micrografia obtida com microscópio metalográfico - ampliação de 400x.

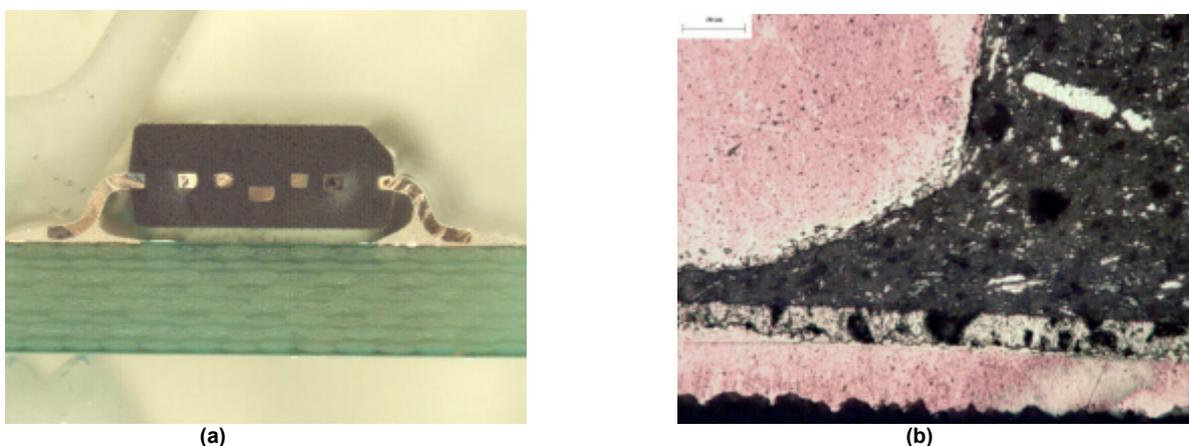


Figura 4. Encapsulamento SOIC fixado com Adesivo B. (a) foto obtida com estéreo microscópio - ampliação de 32x. (b) micrografia obtida com microscópio metalográfico - ampliação de 400x.



Figura 5. Resistor fixado com Adesivo C. (a) foto obtida com estéreo microscópio - ampliação de 32x. (b) micrografia obtida com microscópio metalográfico - ampliação de 400x.

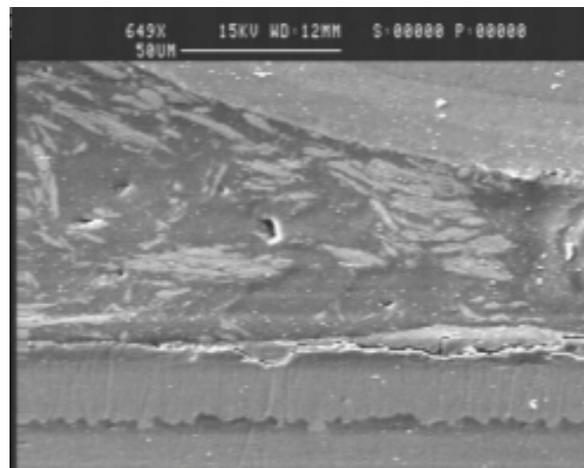


Figura 6. Micrografia obtida por MEV da junção placa/adesivo/componente da amostra preparada com o Adesivo A.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das medidas de resistência, tensão e corrente elétrica obtidos nos testes elétricos funcionais realizados em PCI de LCD, tanto com componentes fixados com solda Sn-Pb quanto com adesivos condutivos, bem como a diferença em porcentagem entre as duas medidas.

É possível observar que o valor da diferença relativa das medidas é baixo e por isso, o uso de adesivos não deve afetar o desempenho final do circuito testado. Nas Figuras 7(a), 7(b) e 7(c) são apresentadas as fotos obtidas dos displays em funcionamento, com componentes fixados com solda convencional de Sn-Pb, enquanto que nas Figuras 7(d), 7(e) e 7(f) são apresentadas as fotos obtidas dos displays em funcionamento, com componentes fixados com adesivos condutivos. Como pode ser notado, as imagens obtidas com os componentes fixados com adesivos condutivos são semelhantes as obtidas com os componentes fixados com soldas, mesmo com o uso de um adesivo de menor condutividade como o Adesivo B. Isto comprova a viabilidade de se utilizar os ICAs como alternativas as soldas nos processos de montagem de componentes eletrônicos em tecnologia de montagem em superfície. As vantagens do uso dos ICAs estudados são a menor temperatura de cura (150 °C), quando comparada as soldas Sn-Pb (temperatura de fusão 183 °C) e soldas livres de chumbo (233 °C); a possibilidade de utilizar os mesmos

equipamentos do processo atual de montagem de componentes eletrônicos e o menor custo, quando comparados as soldas livres de chumbo.

Tabela 2. Teste Elétrico: Valores Obtidos

Componente	Solda			Adesivo			Diferença			
	Resistência (Ω)	Tensão (V)	Corrente (mA)	Resistência (Ω)	Tensão (V)	Corrente (mA)	Resistência (%)	Tensão (%)	Corrente (%)	
PLACAA	HJ5 L ¹	0,2	0,08	*	0,2	0,09	*	0,0%	12,5%	*
	HJ6 L ¹	0,2	0,08	*	0,2	0,09	*	0,0%	12,5%	*
	R4	2176	1,75	0,83	2178	1,75	0,83	0,1%	0,2%	0,0%
	R5	2178	1,76	0,84	2186	1,77	0,84	0,4%	0,3%	0,0%
PLACAB	HJ5 L ¹	0,2	0,08	*	0,2	0,05	*	0,0%	-37,5%	*
	HJ6 L ¹	0,3	0,08	*	0,2	0,08	*	-33,3%	0,0%	*
	R4	2191	1,77	0,83	2200	1,80	0,80	0,4%	1,7%	-3,6%
	R5	2188	1,78	0,85	2235	1,81	0,84	2,1%	1,7%	-1,2%
PLACAC	HJ5 L ¹	0,3	0,08	*	0,2	0,07	*	-33,3%	-12,5%	*
	HJ6 L ¹	0,3	0,08	*	0,3	0,08	*	0,0%	0,0%	*
	R4	2195	1,76	0,83	2200	1,76	0,83	0,2%	0,0%	0,0%
	R5	2210	1,77	0,85	2210	1,77	0,84	0,0%	0,0%	-1,2%

1- Componentes em corrente alternada. Não foi possível medir a corrente nesses componentes devido limitações dos multímetros utilizados. A tensão foi medida em RMS.

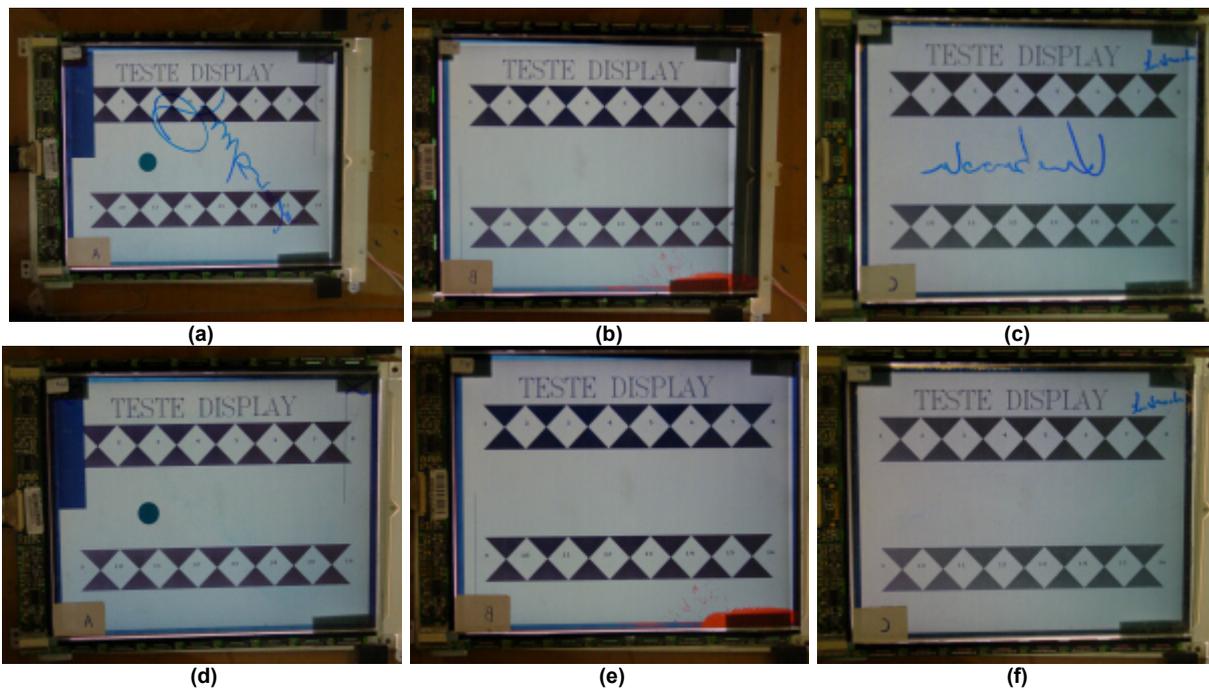


Figura 7. Imagens obtidas da aparência dos displays testados. Figuras (a), (b) e (c) com componentes fixados com pasta de solda Sn-Pb. As figuras (d), (e) e (f) com componentes fixados com adesivos condutivos A, B e C, respectivamente.

4 CONCLUSÕES

Os estudos do uso de adesivos condutivos isotrópicos na montagem de componentes eletrônicos em PCBs com tecnologia SMT ainda estão em fase inicial. Contudo, os resultados obtidos apontam que o uso destes adesivos é bastante viável. O desempenho dos displays não se alterou quando os componentes fixados com pasta de solda foram removidos e fixados novamente com os adesivos condutivos isotrópicos (na forma de pasta).

Os adesivos condutivos isotrópicos de cada fornecedor contém “fillers” com diferentes formatos e diferentes concentrações que fornecem diferentes valores de condutividade elétrica, o que pode influenciar nas características do produto final.

As temperaturas de cura dos adesivos estudados são mais baixas quando comparadas as temperaturas de fusão das pastas de solda e portanto, são menos agressivas para os componentes e placas de circuito impresso.

REFERÊNCIAS

- 1 Website: <http://www.rohs.gov.uk>
- 2 YOON, J. W., KIM, S. W., JUNG, S. B., *Materials Transactions*, v. 45, p. 727, 2004.
- 3 SUGANUMA, K., *Current Opinion Solid State Materials Science*, v. 5, p. 55, 2001.
- 4 HUI, I. K., RALPH, B., *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, v. 35, n. 9, p. 1251, 1995.
- 5 CANNIS, J., *Advanced Packaging*, v. 8, p. 33, 2001.
- 6 KABE, K., RUSSEL, K., *ISHM Proceedings*, p. 610-616, 1986.
- 7 RUSSEL, K., *Proceedings Necpon West*, Anaheim, CA, p. 1927-1941, 1991.
- 8 LIONG, S., WONG, C. P., BURGOYNE JR., W.F., *Proceedings of the IEEE Electronic Components and Technology Conference*, p. 1140-1146, 2002
- 9 LIONG, S., WONG, C. P., BURGOYNE JR., W.F., *Proceedings of the IEEE Electronic Components and Technology Conference*, p. 1631-1639, 2002
- 10 PÉRICHAUD, M.G., DELÉTAGE, J.Y., FRÉMONT, H., DANTO, Y., FAURE, C., SALAGOÏTY M., *Proceedings of the IEEE International Electronics Manufacturing Technology Symposium*, p. 377 – 385, 1998
- 11 INADA, T., WONG, C.P., *Poceedings of Conference on Adhesive Joining Technology in Electronics*, p. 156-159, 1998
- 12 FUJIMOTO, F., MAZON, T., SCHENKEL, E. A., BIASOLI, M. A., *Proceedings IMAPS*, cd rom, Brasil, 2005