

TELEMÓVEIS SUBMETIDOS A CICLOS DE HUMIDADE E TEMPERATURA

J. M. Gomes⁽¹⁾, M. J. F. Marques^{(2)(*)}, H. I. Viegas⁽¹⁾ e T. C. Diamantino⁽²⁾

Artigo submetido em Janeiro de 2007 e aceite em Fevereiro de 2007

RESUMO

Quatro modelos de telemóveis foram submetidos a ensaios de ciclos de humidade e temperatura. Cada ciclo foi concebido por forma a obrigar à condensação de humidade por 6 vezes em cada 24 horas. Apenas foram observados vestígios de humidade em dois dos modelos testados após 312 horas de ensaio. A localização e a área afectada pela presença de humidade sugerem um padrão diferente do observado nos centros de reparação de telemóveis, que os autores atribuem a diferentes causas para a penetração de água.

Palavras Chave: *Telemóveis, Vestígios de Humidade, Ensaios de ciclos*

MOBILE PHONES SUBJECTED TO HUMIDITY AND TEMPERATURE CYCLES

ABSTRACT

Four models of mobile phones have been subjected to humidity and temperature cycling. Each cycle has been conceived in order to compel humidity condensation 6 times in every 24 hours. Vestiges of humidity were observed in two models after 312 hours of testing. The localization and the affected area by the presence of humidity both suggest a different pattern from the observed in service centres, attributed by the authors to different causes for water penetration.

Key Words: *Mobile Phones, Vestiges of Humidity, Cycle Assays*

1. INTRODUÇÃO

Os vestígios de humidade em telemóveis são uma causa frequente de perda de funcionalidade, temporária ou definitiva. Contudo, o problema não se limita a uma simples discussão da funcionalidade porque aqui reside um foco de conflitualidade entre o utilizador e o fornecedor e, em última instância, entre o utilizador e o fabricante do terminal. Os principais factores responsáveis por esta situação foram identificados [1].

O estudo da corrosão atmosférica de componentes e sistemas electrónicos assume uma enorme importância na actualidade, pelas seguintes razões:

– As principais causas de falhas (3 em cada 4) em equipamentos electrónicos são devidas a exposição a temperatura e a humidade [2]. Esta constatação, de índole geral, não se aplica a um produto tão específico como o telemóvel. Os autores estimam que a exposição a humidade e temperatura é responsável por não mais do que 20% (1 em cada 5) das falhas observadas em telemóveis.

– A corrosão de componentes ou partes electrónicas é mais crítica que a corrosão de outros objectos porque a degradação altera as propriedades eléctricas do material, antes de afectar os aspectos estruturais [3].

– A evolução para a miniaturização dos circuitos e para tensões de funcionamento inferiores aumentam os riscos de falhas devido ao aparecimento de pequeníssimas acumulações de produtos de corrosão, de difícil detecção [3].

– O aumento da concentração de certos poluentes atmosféricos de origem antropogénica, tais como o dióxido de enxofre (SO₂), o sulfureto de hidrogénio (SH₂) e os óxidos de azoto (NO_x), tem provocado um aumento da agressividade das atmosferas [3].

Estes aspectos de índole geral são aplicáveis aos telemóveis, com algumas complicações adicionais:

– Devido à sua mobilidade, os telemóveis estão mais expostos que a generalidade dos equipamentos electrónicos a condições atmosféricas muito variáveis.

– Os telemóveis estão regularmente em contacto com o corpo humano e, em particular, com um fluido (suor) contendo sais iónicos (Cl⁻, Na⁺, K⁺) [4].

– A utilização quotidiana do telemóvel coloca-o em contacto potencial com uma enorme variedade de substâncias tais como cosméticos, alimentos, produtos de limpeza, etc.

⁽¹⁾ Keylab – Serviços Técnicos e Logística, S.A., Brejos de Carreteiros, Quinta do Anjo, 2951-901 Palmela

⁽²⁾ INETI – Laboratório de Tratamento de Superfícies e Revestimentos – Estrada do Paço do Lumiar, 1649-038 Lisboa

^(*) A quem a correspondência deve ser dirigida, e-mail: joao.marques@ineti.pt

Durante a última década foram realizados importantes esforços com o objectivo da predição do desempenho de um dado componente nos diversos ambientes. Embora tenham sido dados passos decisivos, tal objectivo não foi ainda atingido. Por exemplo, e apenas no âmbito dos componentes electrónicos, já existe uma classificação normalizada para a corrosividade das atmosferas, a qual foi adoptada pela ISA (Instrument Society of America). Contudo, apesar do mérito, só é aplicável a componentes em ambientes abrigados (“indoor”) e, mesmo assim, com algumas reservas.

Há ainda um longo caminho a percorrer antes de ser possível a criação de modelos quantitativos e consequente previsão de falhas em telemóveis devido a vestígios de humidade. Apesar do risco de simplificação associado, o aumento do conhecimento sobre o fenómeno passará necessariamente pela realização sistemática de ensaios acelerados de corrosão, análise dos produtos de corrosão e cruzamento com testes de funcionalidade.

No âmbito do presente trabalho, pretendeu-se monitorizar a formação de vestígios de humidade em diversos modelos de telemóveis submetidos a ciclos de humidade / temperatura com ocorrência de condensação em cada ciclo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os distintos modelos de telemóveis sujeitos ao ensaio de ciclos de humidade e temperatura, foram seleccionados e fornecidos pela empresa Keylab – Serviços Técnicos e Logística S. A. (Modelo A, B, C e D).

Para estes ensaios foram utilizados equipamentos da Keylab em estado 'Para abate', isto é, equipamentos diagnosticados como sem possibilidade de reparação por danos causados no equipamento ou por questões de viabilidade da intervenção (inclusivamente a quantidade de intervenções já

efectuadas). Estes equipamentos tinham algumas avarias (como problemas de teclado ou problemas de rede) mas ligavam/desligavam e permitiam efectuar algumas operações simples. Tratava-se portanto de equipamentos não funcionais já que não apresentavam todas as funções/operações disponíveis. Em nenhum dos equipamentos seleccionados tinha sido alguma vez detectada a presença de vestígios de humidade. Foram seleccionados equipamentos de diversos modelos por forma a garantir uma maior diversidade da amostra.

O ensaio de ciclos foi realizado numa câmara de humidade e temperatura TABAI modelo PR 2SPH, durante um período total de exposição de 312 horas, no qual os telemóveis foram submetidos a ciclos consecutivos de 4 horas. Cada ciclo consistiu em 3 horas a 40°C e uma humidade relativa (HR) de 80% passando, durante 1 hora, para 15°C e 95% de HR. As observações foram efectuadas com uma lupa estereoscópica Olympus e os registos fotográficos com uma máquina digital, após 144 horas e no final do ensaio, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os terminais submetidos ao ensaio de ciclos tinham um histórico que os levou a serem classificados como “Para abate”. Devido a este facto, considerou-se que não existiam condições objectivas para a realização de testes de funcionalidade com relevância para a discussão dos resultados. Contudo, há que referir que os terminais ensaiados foram submetidos a testes de funcionalidade que, por não serem considerados relevantes, serão apenas descritos sumariamente.

Os quatro modelos de telemóveis foram abertos e fotografados antes do ensaio de ciclos por forma a registar-se o seu estado inicial, considerado como padrão e com o qual foram comparados os mesmos terminais durante a execução do ensaio.



Fig. 1 – Aspecto da câmara de ciclos onde decorreram os ensaios.

A Figura 2 mostra os registos fotográficos obtidos com máquina digital das placas de circuito impresso de

cada um dos quatro modelos, antes e após 144 e 312h de ensaio.

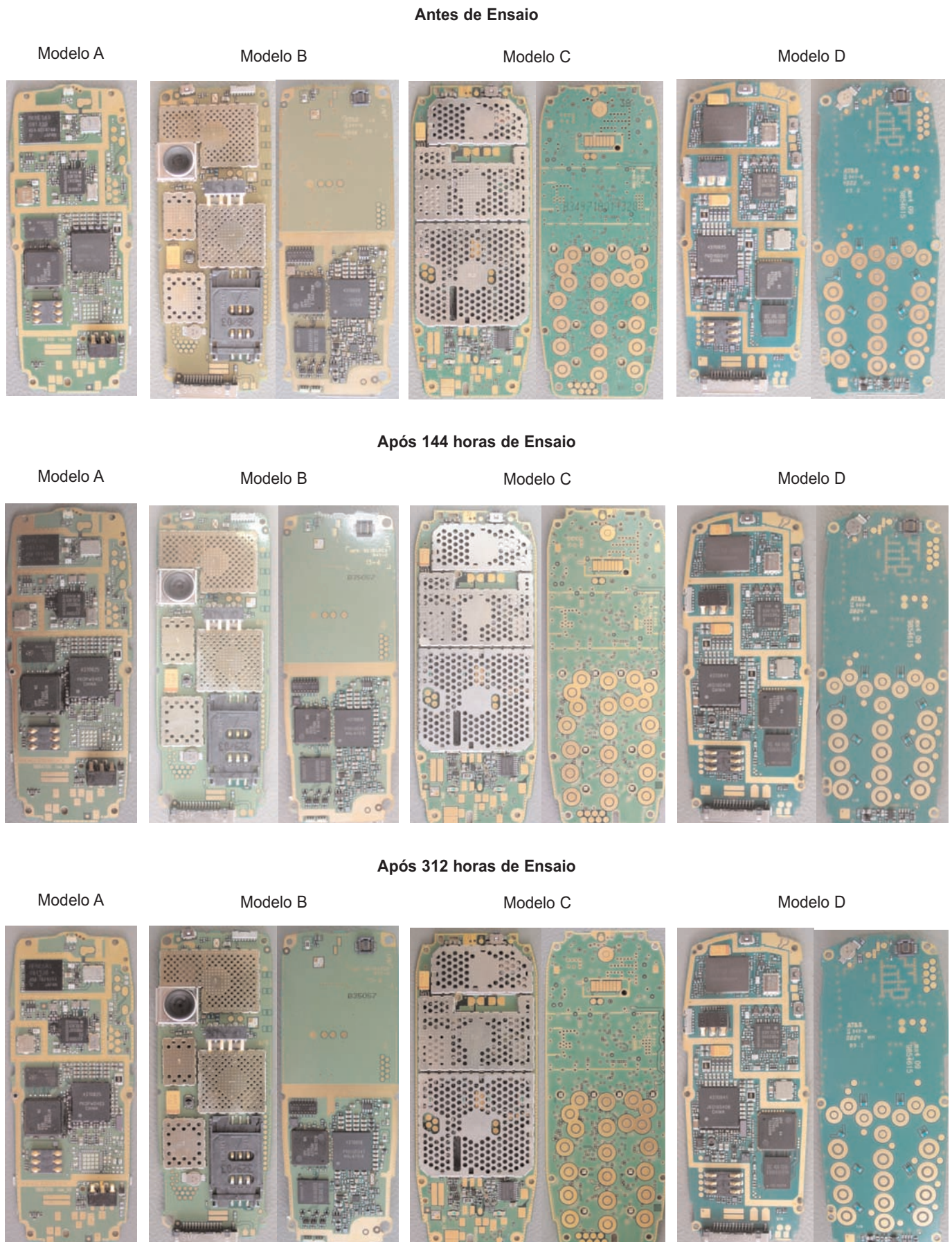


Fig. 2 – Registos fotográficos das placas de circuito impresso de cada um dos quatro modelos, antes e após 144 e 312h de ensaio.

Após observação detalhada à lupa até ampliações de 40 vezes, não foram detectados vestígios de humidade em nenhum dos modelos após 144 horas de exposição. Ao fim de 312 horas de exposição, os modelos A e B não apresentavam quaisquer vestígios de humidade. Porém, o modelo C apresen-

tava alguns “vestígios de humidade” e, em particular, um deles já com produtos de corrosão, bem localizado na zona inferior da face dos componentes (visível na Fig. 2, após 312 horas). Estes casos foram documentados por fotografias obtidas na lupa, de que se apresentam dois exemplos nas Figs. 3 e 4.

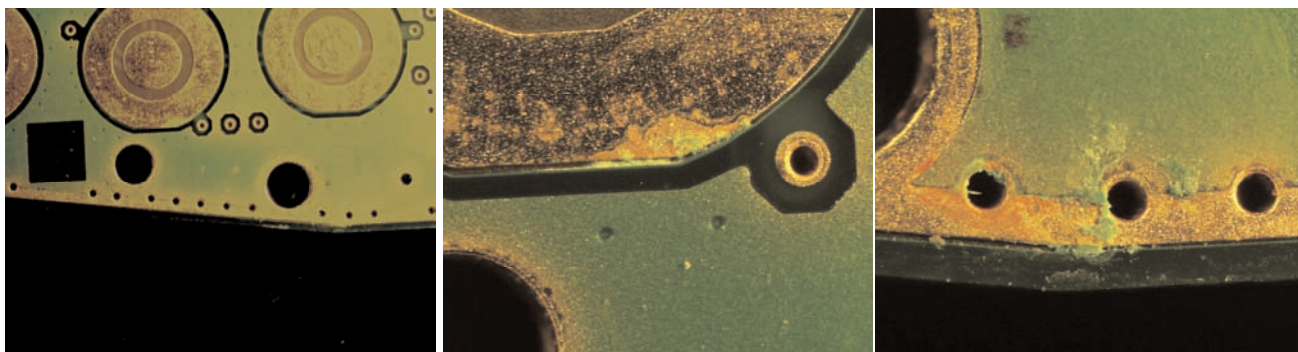


Fig. 3 – Manchamentos e produtos de corrosão esverdeados observados na face do teclado após 312 horas de exposição.

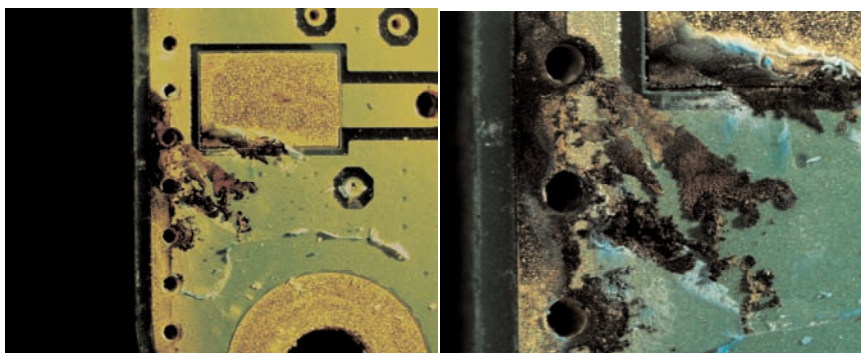


Fig. 4 – Crescimento dendrítico intenso e localizado observado na face dos componentes após 312 horas de exposição.

Quando ao modelo D, apenas revelou ligeiros indícios de humidade, sob a forma de ligeiros manchamentos

das pistas de circuito impresso, como documentado na Fig. 5.

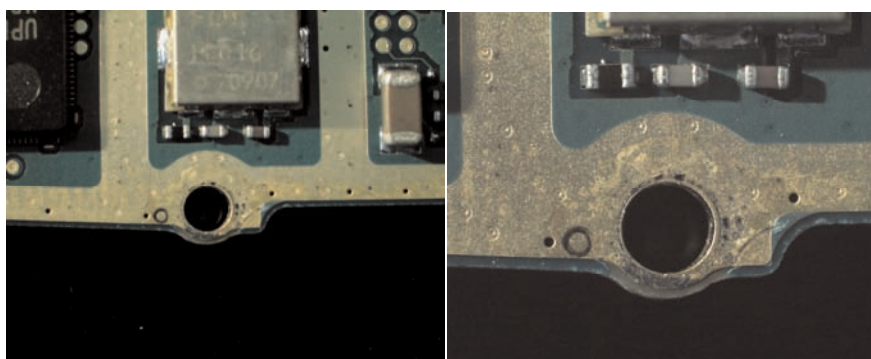


Fig. 5 – Manchamentos e produtos de corrosão esverdeados observados na face do teclado após 312 horas de exposição.

Apenas com o objectivo de melhor enquadrar os resultados obtidos, os testes de funcionalidade efectuados são sumariamente descritos na sequência. Os modelos B e C apresentavam exactamente o mesmo comportamento funcional antes e depois do ensaio climático. O modelo A também funcionava após o teste climático mas com ruídos. Quanto ao modelo D, foi-lhe detectada uma falha de teclado que nunca tinha surgido no histórico de reparações do terminal em causa.

Pelas razões atrás descritas, os resultados dos testes de funcionalidade não foram tomados em linha de conta, o que mais dificulta a formação de um quadro coerente a partir dos resultados obtidos, já de si baseados num número restrito de observações. Apesar desta limitação, o cruzamento dos resultados obtidos com casos conhecidos e documentados de vestígios de humidade em telemóveis, permite um melhor esclarecimento do fenómeno e a formulação de novas interrogações sobre modelos de penetração de humidade.

O primeiro aspecto a salientar está relacionado com a aparente severidade do ensaio. De facto, a passagem de 40 °C e uma HR de 80 % para 15 °C e uma HR de 95 % é realizada de forma abrupta, limitada apenas pelas características da câmara. Tal mudança abrupta destina-se a forçar a condensação no interior do telemóvel em cada ciclo. Considerando que em cada 24 horas ocorreram seis ciclos, conclui-se que durante as 312 horas de ensaio os terminais foram submetidos a um total de 78 ciclos de condensação, o que configura um ensaio climático bastante agressivo. Face a tal severidade, os quatro modelos testados revelaram uma resposta positiva pela resistência demonstrada face à penetração de humidade. Como referido, após as primeiras 144 horas de ensaio não foram detectados quaisquer vestígios em nenhum deles e após 312 horas ainda não tinham sido detectados vestígios de humidade em dois modelos (A e B).

O segundo aspecto de interesse prende-se com a localização e morfologia dos vestígios de humidade encontrados nos modelos C e D. Nos dois casos verificou-se que os vestígios de humidade surgiram apenas nas zonas periféricas da placa e nunca a partir de outras aberturas da caixa, tais como teclado, altifalante, microfone ou interruptor de ligar / desligar, por exemplo. Portanto, a penetração de humidade progrediu essencialmente através do encaixe entre a tampa frontal e o chassis do terminal. Embora variável com o modelo, este encaixe possui uma largura compreendida entre 0,1 e 0,4 mm, uma profundidade com cerca de 2 mm e um comprimento entre 40 e 50 cm (ao longo de toda a periferia do terminal), conduzindo a uma área para penetração considerável, de cerca de 1,5 cm². As observações sugerem que a progressão da humidade terá começado por difusão molecular [5] seguida de condensação capilar [6]. Por outro lado, a pequena área da placa afectada por humidade vem demonstrar que a condensação de humidade no interior de um telemóvel é um fenómeno mais complexo que o simples "aleatório e equiprovável", tal como proposto por um dos autores num trabalho anterior [1].

O terceiro aspecto a referir também se prende com a localização dos vestígios de humidade detectados. Num estudo interno realizado pela Keylab envolvendo 4981 terminais para reparação com vestígios de humidade, não foi detectada nenhuma tendência para a sua localização nas zonas periféricas da placa. Este facto sugere que o padrão da localização dos vestígios de humidade encontrado no presente trabalho é diferente do que se regista nos centros de reparação de telemóveis. De acordo com os autores, tal discrepância deve ser atribuída a diferentes causas dos vestígios de humidade. Provavelmente, os

vestígios de humidade frequentemente encontrados em telemóveis que chegam aos centros de assistência técnica não têm como causa principal a condensação de humidade, mas sim o contacto accidental com líquidos, configurando situações de utilização abusiva.

4. CONCLUSÕES

A presença de humidade em equipamentos electrónicos pode afectar a sua funcionalidade antes de afectar a própria estrutura física. Por isso, a realização de testes de funcionalidade teria, muito provavelmente, evidenciado falhas mais precoces do que as verificadas. Permanece por esclarecer a possibilidade da ocorrência de falhas (intermitentes ou permanentes) devidas a humidade em telemóveis antes mesmo de poderem ser detectadas como vestígios de humidade [1]. Estas e outras questões só poderão ser respondidas quando forem realizados ensaios climáticos a telemóveis cruzados com testes de funcionalidade.

Os ensaios realizados mostram que a penetração de humidade em telemóveis decorrente de condensação atmosférica é um fenómeno relativamente lento que progride essencialmente através do encaixe entre a tampa e o chassis. A comparação entre os resultados obtidos e os casos documentados nos centros de reparação de telemóveis com vestígios de humidade revela padrões distintos, o que pode ser explicado por causas também distintas, dentre as quais se salienta a utilização considerada abusiva.

REFERÊNCIAS

- [1] J. M. G. GOMES, *Corros. Prot. Mater.*, 23, 4, 17 (2004).
- [2] R. HIENONEN, M. KARJALAINEN and R. IANKINEN (Verification of the thermal design of electronic equipment), Technical Research Centre of Finland, Espoo Finland (1997).
- [3] C. LEYGRAF and T. E. GRAEDEL (Applied Atmospheric Corrosion: Electronic Devices), in *Atmospheric Corrosion*, The Electrochemical Society Series, John Wiley and Sons, USA, p. 175-189 (2000).
- [4] CHIEN – TSAI HUANG, MEI – LIEN CHEN, LI – LING HUANG and I – FANG MAO, *Chinese Journal of Physiology*, 45, 3, 109 (2002).
- [5] B. HOSTICKA, *et al.*, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 225, 1, 293 (1998).
- [6] F. RESTAGNO, L. BOCQUET, and T. BIBEN, *Physical Review Letters*, 84, 11, 2433 (2000).