

PROCEDIMENTO DE BAIXO CUSTO PARA SOLUCIONAR O PROBLEMA CRÔNICO DE ESCURECIMENTO DA TELA DO DISPLAY LCD DO MAGNETÔMETRO GSM-19

Alex Geovany da Silva Miranda¹

RESUMO: Este artigo apresenta o desenvolvimento e a validação de um método alternativo de manutenção corretiva aplicado ao problema crônico de escurecimento da tela LCD do magnetômetro Overhauser modelo GSM-19, fabricado pela GEM Systems Inc. O equipamento é utilizado no Observatório Magnético de Tatuoca, localizado na foz do rio Amazonas, região caracterizada por clima quente e elevada umidade relativa do ar ao longo de todo o ano, condições reconhecidamente desfavoráveis à durabilidade de componentes eletroeletrônicos e materiais poliméricos. O defeito observado estava associado à degradação da película posterior reflexiva do display LCD, responsável pela perda progressiva de contraste e legibilidade. O procedimento proposto consistiu na desmontagem controlada do módulo do display, remoção da película original deteriorada e sua substituição por uma nova película confeccionada a partir do material interno de embalagens cartonadas do tipo Tetra Pak®, composto predominantemente por camadas de papel, polietileno e alumínio, este último com elevada capacidade refletiva. A metodologia adotada priorizou baixo custo, reaproveitamento de materiais e simplicidade de execução, sem necessidade de peças originais de reposição, frequentemente indisponíveis ou de alto custo. Após a intervenção, o display apresentou recuperação total da legibilidade, contraste adequado e estabilidade operacional durante o uso contínuo em campo. Os resultados demonstram que o método proposto é tecnicamente viável, eficiente e aplicável a equipamentos científicos operando em ambientes severos, contribuindo para a extensão da vida útil de instrumentos de medição geofísica e para a redução de custos de manutenção em observatórios magnéticos permanentes.

1

Palavras-chaves: Display LCD. GSM-19. Tatuoca. Magnetômetro. Tetra Pak.

ABSTRACT: This paper presents the development and validation of an alternative corrective maintenance method applied to the chronic problem of LCD screen darkening in the Overhauser magnetometer model GSM-19, manufactured by GEM Systems Inc. The equipment is used at the Tatuoca Magnetic Observatory, located at the mouth of the Amazon River, a region characterized by a hot climate and high relative humidity throughout the year—conditions known to be unfavorable to the durability of electronic components and polymeric materials. The observed malfunction was associated with the degradation of the rear reflective film of the LCD, resulting in a progressive loss of contrast and readability. The proposed procedure consisted of the controlled disassembly of the display module, removal of the deteriorated original film, and its replacement with a new reflective layer fabricated from the internal material of Tetra Pak® carton packages (milk, juice, etc.), which are composed mainly of layers of paper, polyethylene, and aluminum, the latter providing high reflectivity. The adopted methodology emphasized low cost, material reuse, and ease of execution, without the need for original spare parts, which are often unavailable or expensive. After the intervention, the display showed full recovery of readability, adequate contrast, and operational stability during continuous field use. The results demonstrate that the proposed method is technically feasible, effective, and suitable for scientific instruments operating in harsh environments, contributing to extended service life and reduced maintenance costs for permanent magnetic observatories.

Keywords: LCD display. GSM-19. Tatuoca. Magnetometer. Tetra Pak.

¹Professor Especialista em Energias Renováveis. Docente do ensino superior. Faculdade Cosmopolita, Belém, Pará. Orcid: 0000-0003-4553-0155

I. INTRODUÇÃO

I.1. Apresentação

Magnetômetros Overhauser são amplamente utilizados em observatórios magnéticos e campanhas geofísicas devido à sua elevada sensibilidade, estabilidade temporal e confiabilidade na medição do campo magnético terrestre. O modelo GSM-19 é um dos instrumentos mais difundidos para aplicações científicas e operacionais, sendo empregado em monitoramentos contínuos e de longo prazo. Em tais contextos, a confiabilidade dos sistemas de leitura e visualização de dados é fundamental para garantir a correta operação, configuração e diagnóstico do equipamento em campo, GEM Systems Inc (2008).

Segundo Hernández-Rodríguez et al. (2023), em ambientes caracterizados por clima quente e elevada umidade relativa do ar — como a região amazônica — componentes eletroeletrônicos estão sujeitos a processos acelerados de degradação. Entre os problemas recorrentes observados destaca-se o escurecimento progressivo de displays LCD, fenômeno que compromete a legibilidade das informações exibidas e, conseqüentemente, a operação segura e eficiente do instrumento, VTD (2025). No caso específico do GSM-19, esse problema está associado à degradação da película reflexiva posterior do display, elemento essencial para a formação do contraste visual.

A indisponibilidade de peças de reposição originais, aliada ao alto custo e ao tempo de importação, torna a manutenção convencional pouco viável para muitos observatórios científicos, especialmente aqueles localizados em regiões remotas. Diante desse cenário, torna-se relevante o desenvolvimento de soluções alternativas, de baixo custo e tecnicamente confiáveis, que permitam a recuperação funcional de equipamentos sem comprometer sua integridade operacional.

I.2. Justificativa

O Observatório Magnético de Tatuoca, localizado na foz do rio Amazonas, opera em condições ambientais severas, com temperaturas elevadas e alta umidade durante todo o ano. Essas condições favorecem a degradação de materiais poliméricos e interfaces ópticas presentes em displays LCD, reduzindo significativamente a vida útil desses componentes, SHUNLONGWEI (2025). A recorrência do escurecimento do display do magnetômetro GSM-

19 configura, portanto, um problema crônico de manutenção, com impacto direto na rotina operacional do observatório.

A substituição do módulo completo do display, conforme recomendação do fabricante, apresenta limitações práticas e econômicas, sobretudo em instituições de pesquisa com recursos financeiros restritos. Além disso, a descontinuidade de componentes e a dependência de fornecedores internacionais agravam o problema, podendo resultar na paralisação prolongada de instrumentos essenciais ao monitoramento geomagnético.

Nesse contexto, a proposta de reutilização do material interno de embalagens cartonadas do tipo Tetra Pak®, que contém uma camada de alumínio com elevada refletividade, surge como uma alternativa tecnicamente plausível, economicamente acessível e ambientalmente sustentável. A adoção dessa solução justifica-se não apenas pela recuperação funcional do equipamento, mas também pela possibilidade de replicação do método em outros instrumentos e observatórios submetidos a condições ambientais semelhantes, contribuindo para a manutenção da continuidade das séries temporais de dados geomagnéticos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

3

Descrever e avaliar um método alternativo de manutenção corretiva do display LCD do magnetômetro Overhauser GSM-19, por meio da substituição da película reflexiva posterior degradada por um material alternativo.

1.3.2 Objetivos Específicos

Identificar a causa do escurecimento crônico do display LCD do magnetômetro GSM-19 em operação no Observatório Magnético de Tatuoca;

Descrever detalhadamente o procedimento de desmontagem, remoção da película original e instalação da nova película reflexiva alternativa;

Avaliar qualitativamente a recuperação da legibilidade, contraste e estabilidade operacional do display após a intervenção;

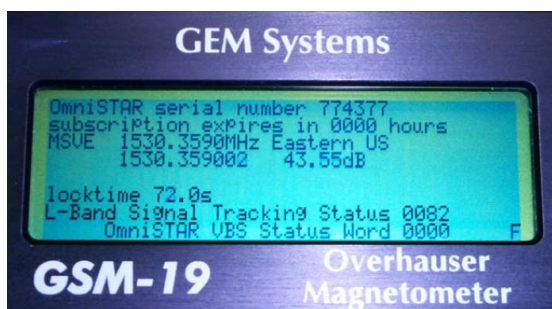
Analisar a viabilidade técnica e econômica do método proposto como solução de manutenção para equipamentos científicos operando em ambientes ambientais severos.

2. METÓDOS E MATERIAIS

2.1. O Display

O procedimento de manutenção corretiva foi aplicado ao *Liquid Crystal Display* (LCD) monocromático PN: PC-24064F7-2A, com matriz de 64 x 240 pontos utilizado no magnetômetro Overhauser modelo GSM-19, fabricado pela GEM Systems Inc, Figura 1.

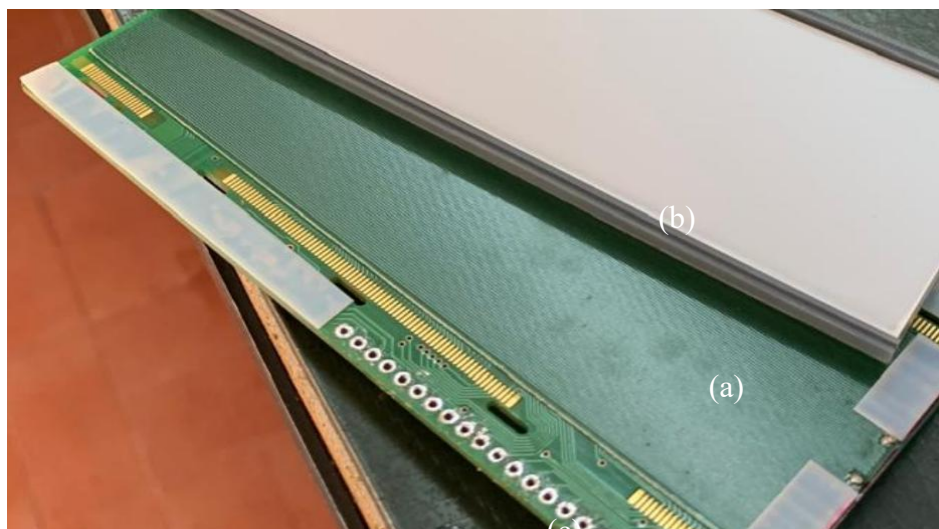
Figura 1: Display LCD do magnetômetro GSM-19 em funcionamento correto.



Fonte: GEM System, Inc (2008).

Este LCD conta com uma resistência de aquecimento Fig. 2a, para reduzir a condensação em condições de alta umidade, possui dois conectores elastoméricos com camadas condutoras e isolantese, sendo soldado diretamente à *Printed Circuit Board* (PCB) frontal (sem uso de *flat cables*) Figura 2b. Tal configuração exige cuidados especiais durante a dessoldagem dos 20 terminais do LCD Fig. 2c, para evitar danos à PCB.

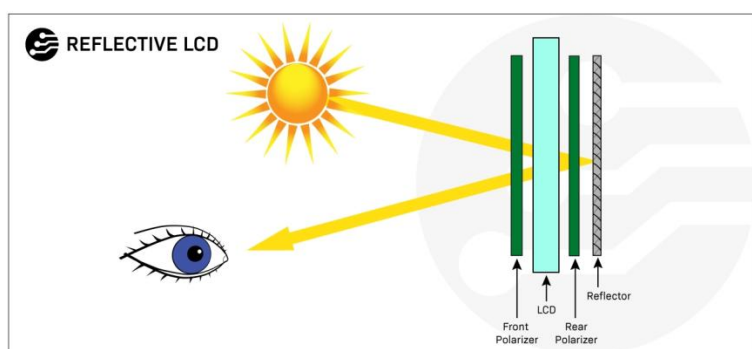
Figura 2: (a) Resistência de aquecimento; (b) conectores elastoméricos; (c) terminais soldados.



Fonte: Autor

Segundo publicação OECD (2000), LCDs não produzem luz, então precisam de luz externa para produzir uma imagem visível. O LCD em questão é do tipo reflexivo, possuindo uma estrutura multicamadas que maximiza o uso da luz ambiente. Em seu núcleo, encontra-se uma camada de cristal líquido intercalada entre dois substratos polarizadores, um dos quais inclui uma superfície refletora. Quando a luz entra no painel, ela passa pelos cristais líquidos e reflete na superfície espelhada antes de retornar aos olhos do observador, Figura 3 (BLAZE, 2018).

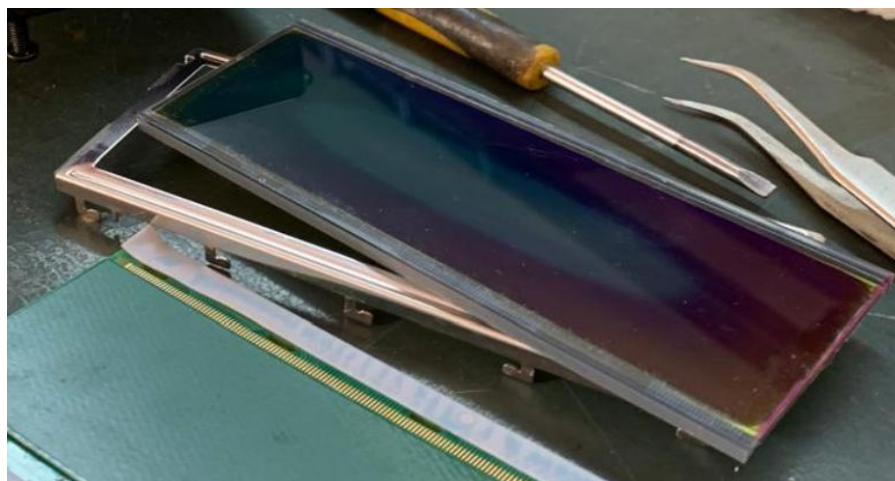
Figura 3: Funcionamento básico de um LCD reflexivo.



Fonte: BLAZE. Display Technology Co., Ltd. (2018).

Uma vez deteriorada a película reflexiva, a luz ambiente não consegue passar de volta pela tela de vidro até o observador, resultando em perda gradual de contraste nos pixel do LCD, Figura 4. Essa patologia é bastante comum em LCDs reflexivos, sendo acentuada em ambientes sujeitos ao clima tropical, como é o caso do Observatório Magnético de Tatuoca, Hernández-Rodríguez et al. (2023).

Figura 4: LCD do magnetômetro GSM-19 com a tela escurecida devido à degradação da película reflexiva.

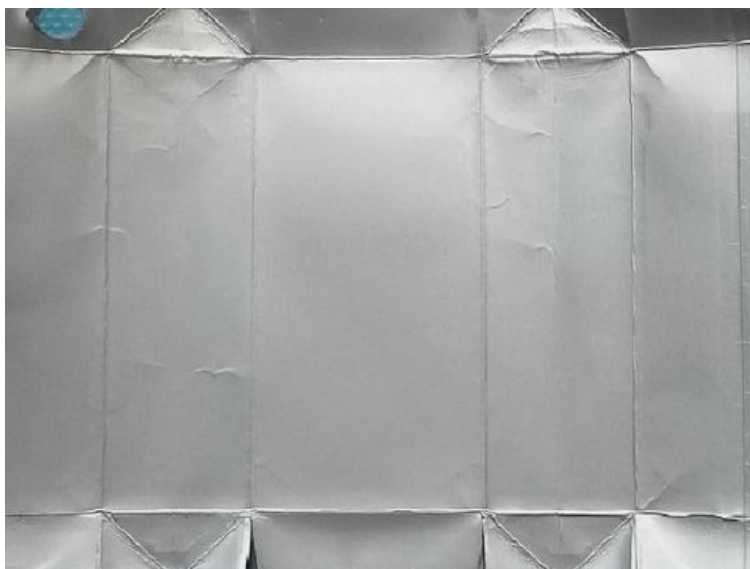


Fonte: Autor.

2.2. Material alternativo para a película reflexiva

Como alternativa à película reflexiva original, degradada pelo uso prolongado em ambiente quente e úmido, foi utilizado material interno proveniente de embalagens cartonadas do tipo Tetra Pak®, especificamente de leite. O material apresenta uma camada interna de alumínio, que confere boa reflectividade, associada a camadas de polietileno e papel, proporcionando rigidez suficiente para manipulação e recorte, Figura 4.

Figura 4: Interior de uma embalagem Tetra Pak® aberta e higienizada.



Fonte: Autor

Antes da aplicação, o material foi submetido a processo de higienização completa, incluindo lavagem com detergente neutro e secagem à temperatura ambiente, garantindo a remoção de resíduos orgânicos e contaminação potencial. Após a higienização, a película foi recortada de acordo com as dimensões exatas da película original, garantindo ajuste preciso e cobertura uniforme da área ativa do display.

2.3. Procedimento de substituição

O método adotado consistiu nas seguintes etapas:

Desligamento e desconexão do equipamento, incluindo a bateria interna, para evitar curto-circuitos ou danos à placa eletrônica.

Dessoldagem e desmontagem do módulo LCD com a devida atenção para preservar a integridade das 20 ilhas e trilhas da PCB, da resistência de aquecimento e dos conectores elastoméricos;

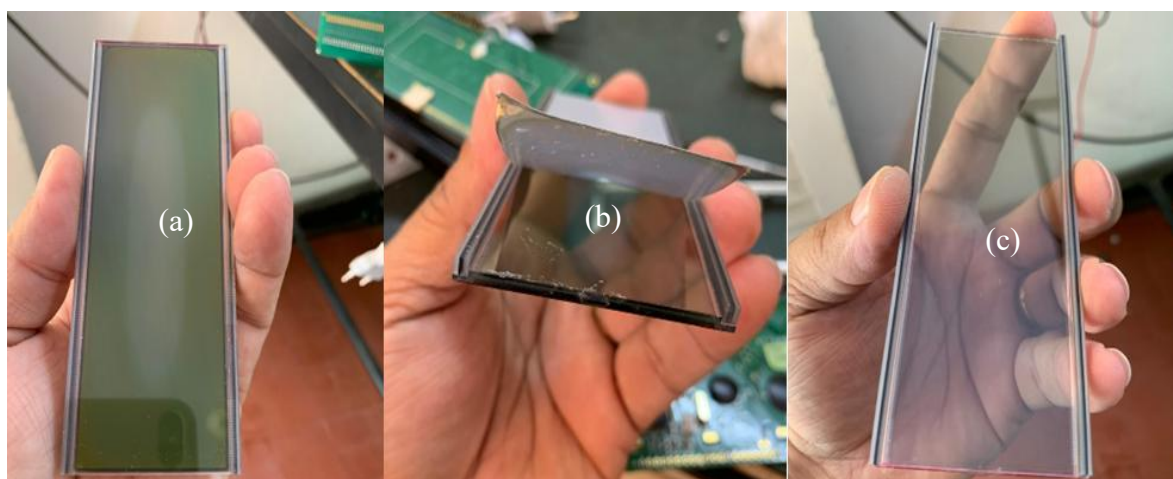
Remoção da película reflexiva original, observando não danificar o cristal líquido ou os contatos elétricos, incluindo os conectores elastoméricos, Figura 5;

Recorte e ajuste da película alternativa a partir do material Tetra Pak® higienizado, compatível com as dimensões e a área ativa do display;

Instalação da nova película no mesmo posicionamento da original, garantindo aderência uniforme e evitando a formação de bolhas ou dobras que pudessem comprometer a reflexão da luz;

Remontagem do módulo LCD e reinstalação na PCB com ressoldagem e reconexão do teclado, seguida de teste funcional do display, verificação de contraste e legibilidade em diferentes condições de iluminação.

Figura 5: (a) LCD ainda com a película original; (b) Retirando a película; (b) LCD sem a película;



Fonte: Autor

Este método enfatiza simplicidade, baixo custo e reaproveitamento de materiais, enquanto mantém a integridade do display e da interface homem-máquina. A escolha do material Tetra Pak® foi guiada pela disponibilidade local, propriedades refletivas da camada de alumínio e resistência mecânica adequada para manipulação e posicionamento dentro do módulo LCD, Figura 6.

Figura 6: Fluxograma com as etapas do procedimento.



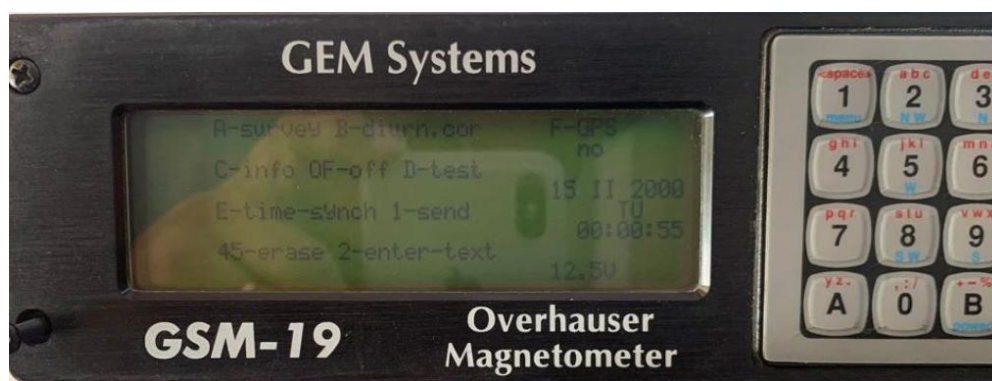
Fonte: Autor.

3. RESULTADOS

Após a execução do procedimento de manutenção corretiva, o LCD do painel do magnetômetro GSM-19 apresentou total recuperação da funcionalidade, com retorno pleno da legibilidade e contraste adequados em todas as condições de iluminação observadas no campo. A resistência de aquecimento integrada ao módulo manteve seu funcionamento normal, garantindo uma operação contínua, Figura 7.

8

Figura 7: Painel do GSM-19 após o procedimento.



Fonte: Autor.

A aplicação da película reflexiva alternativa confeccionada a partir de material Tetra Pak® demonstrou eficiência na restituição do brilho e contraste do display, sem apresentar instabilidades visuais, dobras ou bolhas durante os testes. O ajuste dimensional preciso e a

higienização do material contribuíram para a adaptação perfeita ao módulo original, confirmando a viabilidade técnica da solução em campo.

Do ponto de vista econômico, o custo de manutenção foi praticamente nulo, restringindo-se à aquisição de ferramentas básicas para desmontagem e higienização do material reciclado, sem necessidade de peças originais de reposição ou importação internacional. Este resultado evidencia que o método é sustentável, de baixo custo e replicável, representando uma alternativa eficaz para prolongar a vida útil de equipamentos científicos operando em condições ambientais severas, como as do Observatório Magnético de Tatuoca, localizado na região da foz do rio Amazonas.

4. CONCLUSÃO

O procedimento de manutenção corretiva desenvolvido para o display do magnetômetro Overhauser GSM-19 demonstrou ser eficaz, simples e de baixo custo. A substituição da película reflexiva degradada, por uma película alternativa confeccionada a partir de material Tetra Pak®, higienizado, permitiu recuperar totalmente a legibilidade, o contraste e a estabilidade operacional do display, sem comprometer a resistência de aquecimento integrada ao módulo.

Os resultados obtidos evidenciam que é possível manter a funcionalidade de equipamentos científicos em ambientes severos, como a região da foz do rio Amazonas, com soluções alternativas que utilizam materiais locais e recicláveis. Além disso, a intervenção apresentou custo praticamente nulo, eliminando a dependência de peças originais de reposição e reduzindo o tempo de inatividade do equipamento.

Dessa forma, o método proposto se configura como uma estratégia viável e replicável para manutenção de displays LCD em magnetômetros e outros instrumentos eletrônicos submetidos a condições ambientais adversas, contribuindo para a sustentabilidade, eficiência operacional e economia em observatórios magnéticos permanentes.

REFERÊNCIAS

BLAZE. Reflective LCD displays. Blaze Display Technology Co., 2018. Disponível em: <http://www.blazedisplay.com/en/news/news/i827.html>. Acesso em 11 jan. 2026.

GEM Systems Inc. GEM GSM19 Overhauser Brochure. ON, Canada: 2008. Disponível em: https://www.gemsys.ca/wp-content/themes/gemsystems/pdf/GEM_Overhauser_GSM_19_fin.pdf. Acesso em: 10 dez. 2025.

HERNÁNDEZ-Rodríguez et al. Reliability Testing of a Low-Cost, Multi-Purpose Arduino-Based Data Logger Deployed in Several Applications Such as Outdoor Air Quality, Human Activity, Motion, and Exhaust Gas Monitoring. *Sensors* 2023, 23, 7412. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/17/7412>. Acesso em 11. jan. 2026.

OECD. Information Technology Outlook. ICTs, E-commerce and the Information, 2000. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=WgubAwAAQBAJ&q=Since+LCDs+produce+no+light+of+their+own,+they+require+external+light+to+produce+a+visible+image&pg=PA195&redir_esc=y#v=onepage&q=Since%20LCDs%20produce%20no%20light%20of%20their%20own%20C%20they%20require%20external%20light%20to%20produce%20a%20visible%20image&f=false. Acesso em 10 jan. 2026.

SHUNLONGWEI. Combating Heat and Humidity: A Guide to Industrial LCD Reliability. Shunlongwei Co. Ltd. 2025. Disponível em: <https://www.shunlongwei.com/combating-heat-and-humidity-a-guide-to-industrial-lcd-reliability/>. Acesso em 10. jan. 2026.

VTD. The Impact of Temperature and Humidity on TFT LCD Performance. VisionTech Display Electronics Limited, 2025. Disponível em: <https://www.visiontechdisplay.com/how-temperature-and-humidity-affect-tft-lcd-display-performance-and-longevity/>. Acesso em: 10 jan. 2026.