

MEDCAT - EQUIPAMENTO PORTÁTIL PARA MEDIÇÃO DE PARÂMETROS GEOMÉTRICOS FERROVIÁRIOS COM AJUSTE AUTOMÁTICO AO CENTRO DA VIA

David Assunção

Infraestruturas de Portugal, SA; Unidade de Inspeção e Diagnóstico de Vias, Via e Catenária;

Rua de Santa Apolónia, nº65, 1100-468 Lisboa, Portugal

email: david.assuncao@infraestruturasdeportugal.pt

<http://www.infraestruturasdeportugal.pt/>

Sumário

Nos trabalhos realizados na infraestrutura ferroviária de catenária, utilizam-se equipamentos portáteis ou ligeiros para medição da altura e desalinhamento do fio de contacto. No entanto, estes apresentam geralmente erros na medição do desalinhamento provocados pela variação da bitola da via no local da medição.

O equipamento portátil MEDCAT foi projetado com intuito de eliminar-se automaticamente o efeito desta fonte de erro nos resultados de medição.

O caso de estudo apresentado aborda o processo de desenvolvimento deste equipamento, desde a identificação inicial da necessidade até à sua implementação física e posterior acompanhamento.

Palavras-chave: MEDCAT; Equipamento de Medição; Geometria de Catenária; Desalinhamento e Altura; Fio de Contacto.

1 INTRODUÇÃO

Os principais parâmetros geométricos de catenária são a altura e desalinhamento do fio de contacto, em relação ao plano de rolamento e eixo do pantógrafo, respetivamente [1]. A monitorização da posição do fio de contacto é fundamental para garantir a segurança e eficiência da infraestrutura de catenária e dos pantógrafos montados no material circulante elétrico.

A medição destes parâmetros geométricos é realizada em contínuo, através de veículos ferroviários, ou pontualmente, através de equipamentos portáteis ou ligeiros. O método de medição pode ser com contacto, no qual uma parte do veículo ou do equipamento de medição encosta diretamente ao fio de contacto, como no caso do pantógrafo mecânico, ou sem contacto, com recurso a sistemas óticos, por ultrassons ou laser [1].

Constatadas as restrições na utilização dos equipamentos portáteis para medição com contacto, a obsolescência dos equipamentos para medição sem contacto disponíveis na IP (Infraestruturas de Portugal, SA) e tendo em conta as limitações e elevado custo das soluções comerciais disponíveis, optou-se pela conceção interna de um equipamento adequado a suprir esta necessidade, conforme se apresenta neste caso de estudo.

2 MOTIVAÇÃO

O despoletar deste processo ficou a dever-se ao estudo que se realizou sobre a fiabilidade dos resultados fornecidos pelos equipamentos portáteis para medição sem contacto, atribuídos às equipas de catenária [2]. Verificou-se que estes equipamentos, constituídos por uma estrutura metálica com transdutores ultrassónicos em cada extremidade, não apresentavam um desempenho minimamente aceitável e que, por terem ultrapassado o respetivo tempo de vida útil, já não era viável proceder-se à sua reparação, ajuste ou calibração [2].

3 ESTADO DA ARTE

Os equipamentos para medição pontual da geometria de catenária, em geral, encostam lateralmente apenas a um carril, na face interna deste [3]. Variações do valor da bitola, isto é, da distância entre as faces internas dos carris no local a medir, provocam um desfasamento transversal entre eixo do pantógrafo e a posição do equipamento a que corresponde o desalinhamento zero, ou seja, ficam descentrados da via [1]. Nestes equipamentos, surgem erros de medição do parâmetro desalinhamento, que irão corresponder a metade da variação da bitola no local de medição, em relação à cota nominal [1].

Erros de leitura de desalinhamento semelhantes também se verificam em equipamentos que possuem, em posições fixas, apoios para encostar nas faces internas de ambos os carris. Nestes, o aumento do valor da bitola vai permitir que o equipamento se desloque transversalmente, aproximando mais de um carril ou do outro carril devido à folga existente entre os apoios e as faces internas dos carris, ficando assim descentrados do eixo do pantógrafo, ao qual acresce o facto deste erro ser variável e depender do técnico que efetua a medição [1].

3.1 Medição com contacto

O equipamento tradicional para medição com contacto é o pantógrafo mecânico, vulgarmente designado por cristo (figura 1a). Possui dois apoios fixos pelo que é afetado pela fonte de incerteza referida [1]. É constituído por um corpo significativamente volumoso e pesado e, por estabelecer contacto físico à catenária, obriga à realização de corte de tensão da infraestrutura a inspecionar.



Fig.1. a) Pantógrafo mecânico; b) Operação de uma régua laser, não comercial.

3.2 Medição sem contacto

Atualmente, a medição pontual sem contacto da geometria de catenária é frequentemente realizada com equipamentos constituídos, no mínimo, por uma barra horizontal que assenta sobre os carris, e um distanciómetro laser. Ao direcionar-se o feixe laser do distanciómetro até incidir no fio de contacto, através de deslocamento transversal ou rotação do distanciómetro, é possível obter as leituras da altura e do desalinhamento. Tanto as soluções comerciais conhecidas como a régua da IP apresentada na figura 1b, em que se pode observar o técnico a ajustar a posição do distanciómetro com auxílio da mira ótica integrada, sofrem da mesma fonte de incerteza na medição do desalinhamento [3].

4 CASO DE ESTUDO

A meta deste projeto consistiu em dotar as equipas de inspeção ou manutenção da catenária, da IP, de um equipamento portátil para medição pontual da altura e desalinhamento do fio de contacto, com características metrológicas superiores às que as soluções disponíveis apresentavam e a custo significativamente inferior. Para alcançar esta meta, foi elaborado um projeto completo nas suas mais diversas vertentes para produção dos equipamentos, conforme se descreve.

4.1 Protótipo preliminar

Foi desenvolvido um primeiro protótipo, com a restrição de apenas se utilizarem materiais existentes numa oficina interna da IP (tubagens e chapas metálicas e de borracha, ferragens), e um distanciómetro laser adquirido para o efeito (figura 2a).

Esta régua foi dotada de encostos (aos carris) laterais flexíveis (figura 2b), que permitiam manter o equipamento próximo do centro da via desde que não se verificassem valores de bitola superiores ao nominal no local da medição. Os apoios foram montados em tubos destacáveis do corpo central da régua para redução o espaço necessário ao seu transporte.

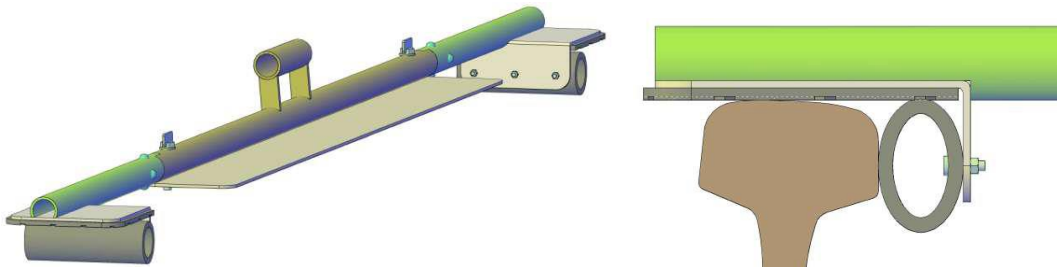


Fig.2. Protótipo preliminar: a) modelo 3D; b) pormenor do encosto ao carril

O protótipo construído, embora funcional, não possuía todas as características desejadas, entre as quais a incerteza de medição excessiva, dificuldade em colocação na via, impossibilidade de utilização em vias com contra-carril e, em especial, a ergonomia, dado que o distanciómetro se colocava sobre a base plana da figura 2a.

4.2 Requisitos Técnicos

Estabeleceu-se então um conjunto de 25 requisitos técnicos [3] que os equipamentos a entregar às equipas de catenária deveriam observar, entre os quais os seguintes parâmetros que foram especificados quantitativamente:

- Intervalos mínimos de medição da altura e do desalinhamento do fio de contacto.
- Erros máximos admissíveis.
- Dimensões máximas e peso máximo.
- Intervalo de bitola para os quais se garante o ajuste automático ao centro da via.

Sucintamente, de acordo com os parâmetros metrológicos e de operação desejados, as régua deveriam possuir as seguintes características principais [3]:

- Medição da geometria da catenária sem contacto.
- Ajuste automático ao eixo do pantógrafo, em reta e em curva.
- Leitura direta das medições de altura e desalinhamento.
- Baixa incerteza de medição.
- Posicionamento ergonómico do operador.
- Alinhamento ao fio de contacto com recurso a mira ótica.
- Portátil e dobrável, com processo de abertura e fecho rápido e sem peças amovíveis.
- Corpo em alumínio de elevada rigidez e peso reduzido.
- Apoios eletricamente isolados e adequados à utilização em via embebida ou com contra-carril.
- Utilização em período noturno e diurno, e em diferentes condições atmosféricas: chuva, vento, temperatura.

4.3 Dimensionamento

O principal desafio consistia portanto em conseguir desenvolver-se um novo equipamento, integralmente de raiz, capaz de satisfazer simultaneamente todos os requisitos definidos.

Numa primeira fase, selecionaram-se as famílias dos componentes principais mais adequadas à construção do equipamento: perfis de alumínio industrial e respetivas ferragens, placas plásticas e um distanciômetro laser. De modo a conseguir atingir-se o objetivo, idealizaram-se soluções com abordagens distintas ao problema. Selecionada a solução que reunia mais vantagens, elaboraram-se esboços 2D e 3D, com recurso a CAD, que permitiram progressivamente otimizar o projeto para o aproximar do resultado pretendido.

No entanto, o que possibilitou efetivamente a satisfação de um dos requisitos mais desejado, o ajuste automático ao eixo do pantógrafo, foi a introdução do mecanismo que se descreve no ponto seguinte.

4.3.1 Encravamento mecânico

Uma das características que mais distingue o equipamento projetado do pantógrafo mecânico e demais soluções comerciais é o ajuste automático ao eixo do pantógrafo, isto é, centro da via.

Esta particularidade, que se acredita única em equipamentos de tipologia equivalente, pelo menos à data do seu desenvolvimento, é fundamental para a obtenção de resultados com o reduzido nível de incerteza pretendido, conforme já referido.

Primeiramente, teve de garantir-se que os apoios do equipamento, ao ser colocado na via, estabelecem contacto físico não só com o topo das cabeças dos carris mas em particular às faces internas de ambos os carris. Para satisfazer esta função, os braços dos apoios são fixados às extremidades da calha principal através de elementos deslizantes para permitir o seu deslocamento em direção paralela à calha.

Para que o equipamento fique sempre centrado em relação ao eixo do pantógrafo, é ainda necessário que os apoios permaneçam em posição equidistante em relação à calha principal. Esta premissa foi conseguida pela inclusão, no interior da calha principal, do encravamento que se descreve.

Este mecanismo é constituído por 2 roldanas montadas nas extremidades, percorridas por um cabo ou correia circular. Ambos os braços dos apoios têm uma ligação física ao cabo circular, mas em lados opostos no sistema de roldanas, ou seja anti-simetricamente, conforme figura 3 [1].

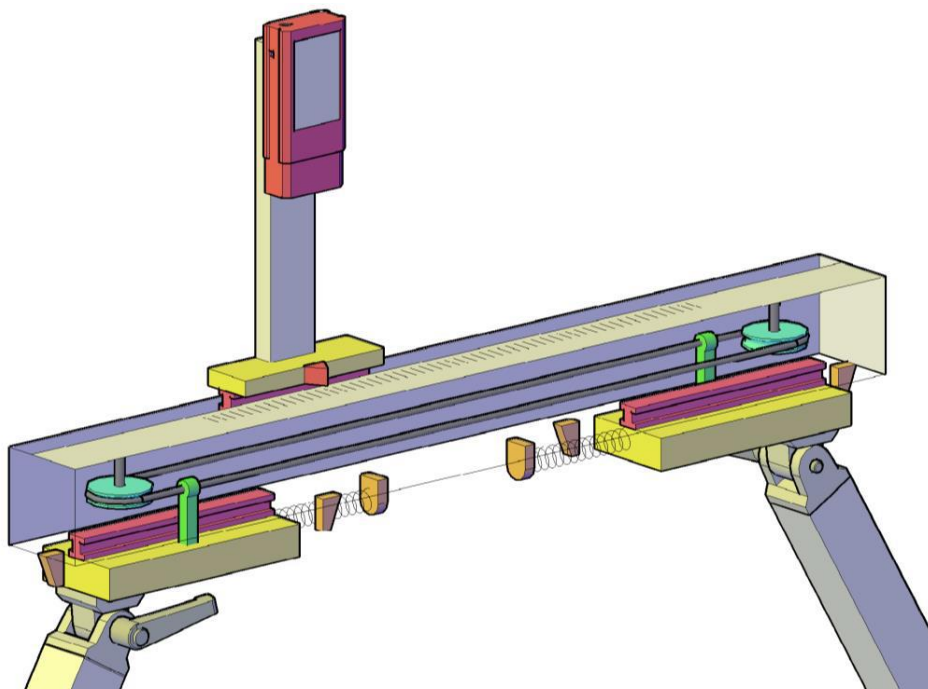


Fig.3. Esquema funcional do encravamento mecânico da régua MEDCAT.

Desta forma é imposta automaticamente a movimentação simultânea e simétrica dos apoios, ou seja, ao deslocar-se um apoio para o centro do equipamento, o outro apoio desloca-se igual distância mas em sentido oposto ao primeiro, portanto também se aproxima do centro do equipamento [1].

São ainda montadas molas que exercem força nos apoios para que se situem, quando em repouso, na posição de bitola máxima, ou seja, à distância máxima do centro do equipamento, que é limitada por elementos de fim de curso.

Consegue-se desta forma que a calha principal, e por conseguinte a escala graduada do desalinhamento, se mantenham centradas com o eixo do pantógrafo, independentemente da bitola da via que existe no local da medição, eliminando assim os erros na medição do desalinhamento com origem na variação da bitola [1].

Trata-se de uma solução simples e de fácil implementação, mas cujos resultados são bastante efetivos, tanto a nível da incerteza de medição como da manutenção das suas características ao longo do tempo.

4.3.2 Formato dos Apoios

Os apoios do equipamento projetados são formados por braços dobráveis nos quais são montadas peças plásticas com 2 funções distintas: as peças de referência e as peças de deslocamento.

As peças de referência (figura 4a) destinam-se a estabelecer o contacto lateral à face interna da cabeça dos carris e o contacto vertical ao seu topo [1]. Para que o equipamento possa ser utilizado em linhas com diferentes configurações de via e carril, nomeadamente vias com contra-carril, via embebida e aparelhos de mudança de via, o formato destas peças foi desenhado de modo a não interferirem com o gabarit da infraestrutura de via (a vermelho na figura 4a).

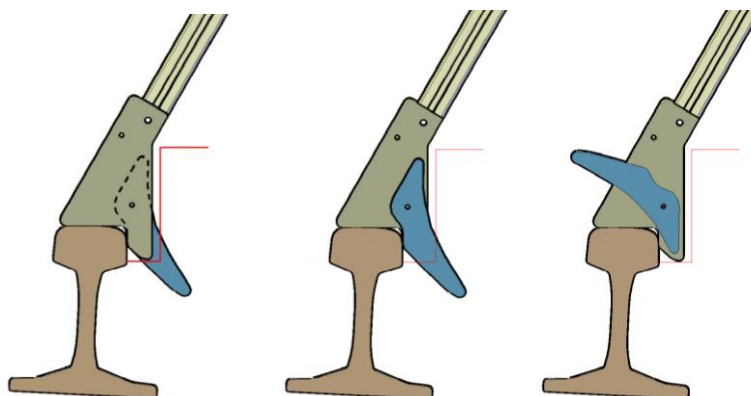


Fig.4. a) Peça de referência; Peça de deslocamento: b) posição normal, c) posição via embebida

No caso das peças de deslocamento (figuras 4b), a sua função é ajustar automaticamente a posição dos apoios, e em específico das peças de referência, de acordo com a bitola existente no local. Devido a apresentarem uma superfície de encosto aos carris inclinada (figura 4b) [1], ao colocar-se o equipamento na via-férrea, basta exercer-se pressão sobre a calha principal para que os apoios se desloquem em direção ao centro do equipamento, pelo que não é necessário manusear diretamente os apoios. A dimensão destas peças foi calculada de modo a abrangerem o intervalo de variação de bitola previsto. O seu formato e fixação permite a rotação das mesmas de modo a desobstruírem o gabarit nas situações referidas anteriormente, como por exemplo via embebida (figura 4c) [1].

4.3.3 Outras características

O equipamento possui ainda diversas características particulares que não é possível referir neste documento. Importa no entanto salientar o formato geral da sua estrutura (figura 5): uma calha principal com dois braços de apoio inclinados e um braço para fixação do distanciómetro. O desenho obtido, resulta dos vários requisitos metrológicos e ergonómicos estabelecidos à priori, como por exemplo o distanciómetro situar-se a altura adequada de modo a que o técnico utilize a respetiva mira ótica sem ter de se curvar, e ainda funcionalidade de se recolherem os braços de modo ocupar um volume reduzido para transporte, compatível por exemplo com as bagageiras de automóveis comuns.

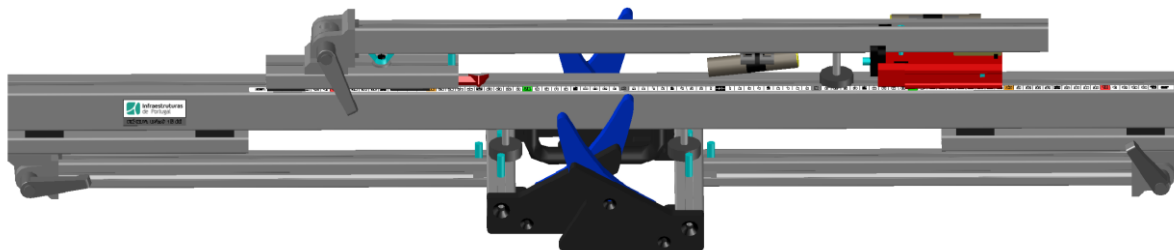


Fig.5. Modelo 3D da régua MEDCAT na posição fechada

4.3.4 Método de medição

Para efetuar uma medição, após colocar-se o equipamento na via, basta deslocar transversalmente, ao longo da régua, o braço ao qual está fixado o distanciómetro laser até que o respetivo feixe de luz incida no fio de contacto [3].

O valor da altura do fio de contacto no local é obtido diretamente através da medição da distância realizada pelo distanciómetro. De notar que a diferença de altura entre o plano médio de rolamento e a base do distanciómetro já se encontra contabilizada no valor apresentado [3].

O valor do desalinhamento é por sua vez obtido através da escala graduada colocada no corpo da régua, na qual incide um ponteiro cujo posicionamento é solidário com a posição transversal do distanciómetro. Este método de medição é comum a equipamentos comerciais já existentes [3].

4.4 Protótipo 2

Para verificação prática do equipamento desenhado, procedeu-se à construção de um protótipo com as características indicadas (figura 6a). Realizou-se a encomenda das peças e materiais em bruto, sendo a maquinação dos perfis, o corte de peças plásticas e de alumínio e a montagem final do equipamento realizadas internamente numa oficina IP.

Este protótipo revelou-se muito satisfatório e permitiu validar o conceito proposto. Respeitava já a generalidade dos requisitos estabelecidos. Verificaram-se algumas oportunidades de melhoria, tanto ao nível do método de construção como numa perspetiva de utilização contínua pelas equipas de manutenção, nomeadamente em relação às peças de articulação e de limite de curso que com o uso frequente iriam perder progressivamente características funcionais, o que afetaria a fiabilidade do equipamento.

4.5 Projeto final

Foi então realizado um projeto final para replicação em série, após uma extensa fase de otimização do segundo protótipo (figura 6b). Esta etapa permitiu que o EMM atingisse uma incerteza de medição muito reduzida e maior robustez.

Entre outras melhorias, destaca-se a diminuição do peso total do equipamento na ordem dos 20-25%. Esta redução foi conseguida essencialmente pela utilização de perfis de alumínio de menor secção, mas cuja rigidez final foi garantida teoricamente, ainda em fase de projeto, através de cálculos com recurso aos módulos de elasticidade específicos de cada perfil estudado.

Embora a régua MEDCAT seja estética e funcionalmente similar ao protótipo 2, a generalidade dos componentes, à exceção do distanciómetro, são distintos.

A seleção dos materiais e componentes a incluir na versão final deste dispositivo teve em conta primordialmente as respetivas propriedades aplicadas ao contexto de utilização, nomeadamente: resistência mecânica (rigidez, tenacidade, elasticidade...), resistência às condições atmosféricas (água, UV...), resistência aos químicos, propriedades elétricas, massa volúmica, coeficiente de fricção, cor e opacidade. Foram também avaliados em função da adequabilidade aos meios de maquinação disponíveis, e da compatibilidade entre materiais das peças que manteriam contacto físico.

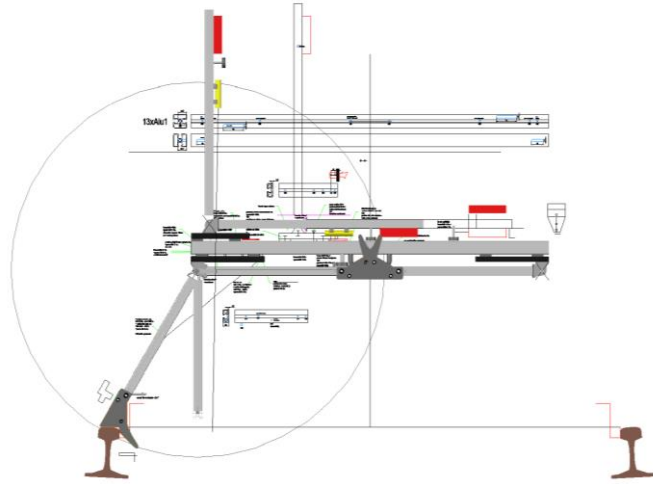


Fig.6. a) Protótipo 2 colocado na via; b) Sobreposição de modelos 2D e 3D do projeto final

4.6 Produção em Série

Foi dado início ao processo de produção de 13 réguas MEDCAT, 12 para distribuição pelas equipas de manutenção e uma para o órgão central de inspeção.

Para máximo rigor e uniformização dos EMM a produzir, os perfis de alumínio e peças plásticas foram cortados externamente em máquinas CNC digitais (figura 7a), diretamente a partir do projeto CAD desenvolvido, e produziram-se também várias peças em acrílico com recurso a máquinas de corte laser digitais.

A montagem integral de todos os componentes das 13 réguas (figura 7b) foi realizada por 1 colaborador IP.



Fig.7 a) Maquinação das peças plásticas dos apoios; b) Réguas MEDCAT em fase de montagem

4.7 Ajuste

Antes de entregar as réguas (figura 8a) aos utilizadores finais, foi necessário ajustar e confirmar o respetivo desempenho metrológico. Para esse efeito, desenvolveu-se propositadamente a cércea apresentada na figura 8b, a qual foi montada nas instalações IP sobre um pequeno troço de via com dois segmentos de carril. Esta cércea possui várias hastes para referência, para as quais se conhece a altura e desalinhamento relativamente ao troço referido. O ajuste ou aferição consegue-se incidindo o feixe laser do distanciómetro nas hastes selecionadas, após colocarem-se as réguas sobre os carris.

Regularmente, é efetuada a verificação das características metrológicas de todas as réguas e, se necessário, são efetuados os ajustes necessários à reposição das mesmas. Desta verificação surge um relatório individual para cada régua (figura 8c), sendo também etiquetada em conformidade com os resultados.



Infraestruturas de Portugal
Inspeção e Diagnóstico de Vias
Via e Catenária

Relatório nº: 0790_2018_V1
Data de emissão: 27.03.2018
Página: 1 de 1

Relatório de Verificação Metroológica

Código CE: 80000790
Designação: Régua Laser Portátil para medição de Catenária
Fabricação: Régua de Catenária
Modelo: SP - 100 0/C
N.º de Série: DAAC-10-05
Código Destinatário:

Medição da Altura do Fio de Contacto
Tipo de Indicação: Digital
Módulo Dinâmico: 0,20mm
Intervalo de Medição: 4,500m a 5,500m
Medição do Desalinhamento do Fio de Contacto
Tipo de Indicação: Analógica
Módulo Dinâmico: 0,20mm
Intervalo de Medição: 45,50m (até) a 45,50m (até)

Local de Enquadramento: Instalações do veículo EM-120 - AM 0/C, Estronçamento
Equipamento de Teste: Cércea para verificação dos parâmetros Altura e Desalinhamento do Fio de Contacto Não-robustável

Verificado por: Carlos Azeiteiro

Análise Visual: Conforme

Medições Efetuadas:

	Altura (m)	Desal. (1.º Post)	Altura (m)	Desal. (2.º Post)	Altura (m)	Desal. (3.º Post)
Cércea	Valor nominal: 5,500	40	5,500	0	5,500	40
EMM	Orientação Frente	5,499	40	5,499	0	5,500
Cércea	Valor nominal: 4,900	30	4,900	0	4,900	30
EMM	Orientação Frente	4,901	30	4,900	0	4,900
EMM	Orientação Trás	4,901	30	4,900	0	4,900

Fig.8 a) Régua MEDCAT na fase final de montagem; b) Cércea; c) Relatório de verificação metroológica

4.8 Manual de instruções

Dado que as régua são utilizadas por um conjunto alargado de colaboradores, foi elaborado um manual de instruções completo (figura 9) que indica a constituição das régua, características e especificações técnicas, processos abertura e fecho das régua, processo de medição, condições de transporte ou manutenção [4].

Inspeção e Diagnóstico de Vias – Via e Catenária

3. Constituição do Equipamento

A – Calha principal
B – Haste do distanciômetro
C – Peça deslizante
D1, D2 – Braços de apoio
E1, E2 – Peças deslizantes
F1, F2, F3 – Pivots e Manipulos
G – Fitas
H – Apoios do equipamento
I – Cunhas de ajuste
J – Parafusos de guiamento
K – Batentes
L – Pega
M – Porca de Fixação
N – Indicador do desalinhamento
O – Escala do desalinhamento
P – Distanciômetro
Q – Lanternas
R – Visor de indicação da altura
S – Botão central do Dist.
T – Parafuso da base do Dist.
U – Parafuso de trás do Dist.
V – Mira ótica do Dist.

Régua DAAC-16 3 Manual de Instruções v1

Inspeção e Diagnóstico de Vias – Via e Catenária

9. Verificar o valor do desalinhamento, indicado pela seta vermelha na escala graduada do desalinhamento (unidade cm), conforme exemplo:

22 21 20 19 18 17 16 15 14 13

20,0 18,5 16,0 (cm)

5. Transporte e Armazenamento

O equipamento foi projetado de modo a oferecer resistência adequada para utilização em diferentes condições climáticas. No entanto, sempre que não estiver ser utilizado, deverá estar protegido de impactos, vibrações, humidade, chuva, poeiras, químicos, gorduras, sol, e temperaturas extremas. O transporte deste equipamento deve ser realizado assegurando, em especial, a proteção contra impactos, forças e vibrações excessivas.

Nota! Ao transportar o equipamento, não utilizar a haste B. Utilizar a pega L ou segurar diretamente na calha principal A.

Régua DAAC-16 9 Manual de Instruções v1

Fig.9. Extrato do manual de instruções

Este manual afigura-se especialmente relevante, dado que a obtenção de resultados de medição da geometria de catenária com o rigor definido depende da correta utilização e manutenção do equipamento.

4.9 Check-up inicial

Dado tratarem-se de equipamentos utilizados na RFN pela primeira vez, considerou-se oportuno realizar um *check-up* integral aos equipamentos, após 1 ano da entrada ao serviço. A análise revelou que as régua se encontravam em muito bom estado, estético e funcional. Após este período de utilização, mantinham as características metroológicas iniciais e apresentaram muito pouco desgaste dos seus componentes [5]. Em geral, necessitaram apenas de reapertos esporádicos em algumas fixações e da regulação ocasional da posição do distanciômetro laser. Esta alteração, em relação à posição inicial do distanciômetro, tinha ocorrido após operações para troca das pilhas, pelo que foi transmitido aos utilizadores um método fortemente mitigador desta ocorrência [5].

4.10 Questionário de *Follow-Up*

De modo a compreender melhor a experiência de utilização das réguas MEDCAT no terreno foi submetido um questionário a todas as equipas envolvidas. O questionário foi constituído por blocos diferenciados de perguntas para aferição do tipo de atividades desempenhadas e da frequência de utilização das réguas, avaliação da opinião das equipas sobre aspetos práticos relativos à sua operação e sobre as vantagens e desvantagens do equipamento e, ainda, recolha de sugestões.

A avaliação global foi superior ao nível Satisfeito, com destaque para a facilidade de utilização sem necessidade de corte de tensão, tanto de dia como de noite, e ainda a celeridade de medição à noite e a fiabilidade dos resultados (figura 10a) [5]. Em sentido inverso, as equipas demonstraram insatisfação relativamente às condições de transporte e embalagem: a ausência de malas adequadas ao transporte das réguas era o fator mais negativo que envolvia a sua utilização [5].

B.1 - De acordo com a sua opinião relativa à régua, classifique de 1 a 4 segundo a escala:

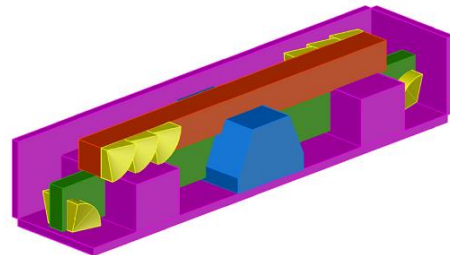
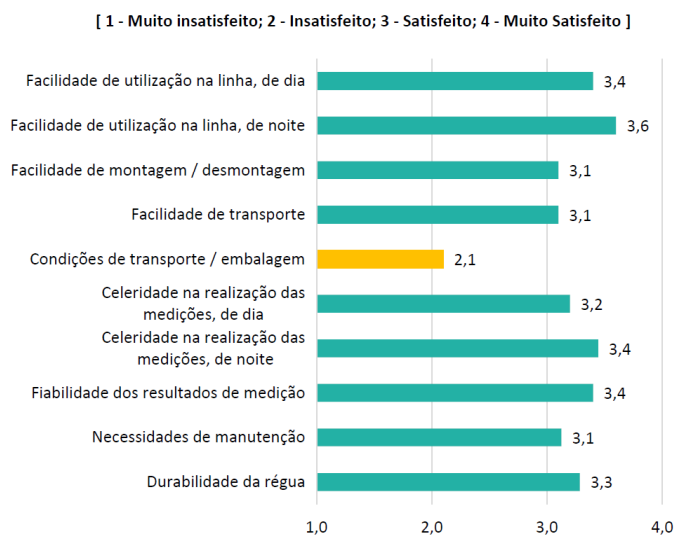


Fig.10 a) Extrato resultados questionário; b) Dimensionamento do interior da caixa; c) Caixa adquirida

Dado que o transporte das réguas se realiza frequentemente em veículos rodoviários ou ferroviários de manutenção, que não possuem as valências adequadas à proteção às réguas, considerou-se que a aquisição de malas rígidas poderia prolongar o tempo de vida útil do equipamento em boas condições de funcionamento.

Assim, dimensionou-se exterior e interiormente um modelo de caixa reforçada do tipo *flight case*, conforme figura 10b. Com base neste plano, adquiriram-se caixas realizadas por medida, em igual número ao das réguas existentes (figura 10c).

5 CONCLUSÕES

A constatação da obsolescência dos equipamentos de medição utilizados pelos centros de manutenção e das limitações e elevado custo das soluções comerciais disponíveis, motivou o desenvolvimento de raiz de um novo modelo de equipamento de medição.

O maior desafio consistiu em conseguir satisfazer-se simultaneamente todos os 25 requisitos técnicos definidos. Para alcançar este objetivo, foi necessário percorrer várias etapas, nomeadamente idealizar estruturas e mecanismos distintos para este dispositivo, selecionar criteriosamente os materiais e peças a utilizar, e realizar vários esboços 2D e 3D, com recurso a CAD, que permitiram progressivamente otimizar o projeto para o aproximar do resultado pretendido.

O mecanismo desenvolvido para ajuste automático ao centro da via constitui a principal inovação em relação aos demais equipamentos conhecidos, tratando-se de uma solução simples e de fácil implementação que permite eliminar erros na medição do desalinhamento com origem na variação da bitola.

As peças de referência e deslocamento desenhadas permitiram dotar a régua do posicionamento automático dos apoios, mantendo a possibilidade de utilização em via embebida e aparelhos de mudança de via.

A elaboração de um protótipo permitiu não só validar o conceito proposto como também identificar várias oportunidades de melhoria, antes da produção em série de várias unidades.

O desenvolvimento de uma cércea para verificação e ajuste das régua, e ainda de um manual de instruções detalhado completou o trabalho desenvolvido, que se pode considerar um processo chave-na-mão.

O check-up integral às régua realizado após o primeiro ano de utilização, no qual as régua apresentaram muito bom estado estético e funcional, revela por um lado o adequado dimensionamento do equipamento, incluindo a seleção de materiais utilizados, como também o conhecimento das equipas de catenária sobre o correto modo de operação destas régua.

O questionário submetido às equipas de catenária permitiu apurar o aspeto menos positivo na utilização deste equipamento, que foi resolvido com a aquisição das caixas de transporte, dimensionadas para o efeito.

Subsiste ainda uma oportunidade de melhoria, que consiste em transferir a alimentação do distanciómetro para uma caixa estanque externa, de modo a não ser necessário libertar a sua fixação para troca de pilhas.

Após diversos ensaios, este equipamento revelou cumprir todos os 25 requisitos técnicos definidos à priori, tendo inclusivamente superado algumas das especificações, o que se traduz no melhor resultado que se poderia esperar.

A afetação de recursos humanos em todo o processo cingiu-se a 1 colaborador, exceto nos procedimentos de compra centralizada, elaboração do protótipo preliminar e durante a condução dos ensaios. Em termos de horas de mão-de-obra, o planeamento inicial pecou por defeito, especialmente pela carga adicional despendida no dimensionamento da versão final. No entanto, este mesmo trabalho permitiu que o custo total dos componentes se situasse abaixo do valor proposto, apesar do produto final apresentar melhores características que as idealizadas inicialmente.

Todo o projeto teve em mente não só obter-se um equipamento de medida com boas características metrológicas, como também poder entregar-se às equipas de catenária um equipamento leve e de dimensões reduzidas, ergonómico, fiável e de fácil utilização.

Em suma, o projeto MEDCAT revelou-se muito positivo. Foi possível dotar as equipas dos centros de manutenção de um equipamento para medição sem contacto de parâmetros geométricos de catenária, essencial ao desenvolvimento das suas atividades, com características que se julga diferenciadoras em relação às alternativas comerciais disponíveis apesar do custo significativamente inferior e que, segundo os utilizadores, é fiável, de fácil utilização e célere na obtenção de medições.

6 AGRADECIMENTOS

Agradece-se o voto de confiança depositado pelas chefias, em especial do Eng. João Vieira, o que possibilitou o desenvolvimento destes novos e singulares equipamentos de medição, ao Sr. Joaquim Dias que auxiliou na manufatura do protótipo preliminar, e às equipas de catenária dos centros de manutenção da IP, cuja participação nos ensaios e questionários foi essencial para a obtenção dos resultados apresentados.

7 REFERÊNCIAS

1. D.Assunção, *Equipamento para medição da geometria de catenária - Construção Interna de EMM*, Apresentação, REFER, EPE, Lisboa, 2014
2. D.Assunção, J.Vieira, *Relatório de Ensaios - Equipamentos Digitais Portáteis para Medição da Geometria de Catenária por Ultrassons*, REFER, EPE, Lisboa, 2013
3. D.Assunção, *Estudo Elaboração de Equipamentos Portáteis para Medição da Geometria de Catenária*, REFER, EPE, Lisboa, 2013
4. D.Assunção, *Manual de Instruções da Régua MEDCAT*, IP, SA, Lisboa, 2016
5. D.Assunção, *Relatório Follow-Up MEDCAT*, IP, SA, Lisboa, 2017