

DOSSIER

- 50 Guia prático de gestão da manutenção de edifícios
José Saraiva Cabral, Navaltik Management
- 54 Ultra-Low Power IoT Solution based on WSSN for Monitoring Infrastructures
Luís Pires, INETE – Instituto de Educação Técnica
- 58 Estudo Manutenção Inteligente 2016 – Práticas de análise de dados da manutenção em Portugal
PSE – Produtos e Serviços de Estatística, Lda.
- 60 Manutenção de redes de água
Pedro Santos, Sérgio Gonçalves, F.Fonseca, S.A.
- 64 Como evoluir do paradigma “*avaria/arranjo*” nos ciclos de manutenção dos sistemas elétricos
João Cruz, Schneider Electric Portugal

Por: Raúl Dória

MANUTENÇÃO EM INFRAESTRUTURAS

A Manutenção tem, para além de outros aspetos, o objetivo da preservação dos ativos de uma empresa, de uma escola, entre outros.

Como sabemos, o termo **Infraestrutura** abrange um conjunto de atividades e elementos, que são importantes para o bom funcionamento de uma instalação, e por este motivo são sujeitas a ações de manutenção.

Para que isto seja possível, e mesmo para melhorar as respetivas condições de funcionamento, o Responsável da Manutenção deverá:

- codificar cada uma das infraestruturas;
- definir objetivos, em ligação com os vários “*interlocutores*” de cada instalação;
- elaborar um conjunto de especificações para que possam ser atingidos os objetivos que são

propostos (critérios e regras de funcionamento);

- planear as várias ações de manutenção, também em coordenação com os fabricantes/fornecedores;
- controlar as ações propostas;
- dispor de um sistema informático para a elaboração dos vários tipos de análises;
- definir os recursos ideais para atingir um nível de qualidade;
- contabilizar os custos das intervenções propostas;
- criar um histórico das diversas intervenções;
- formar os vários atores (Manutenção, Produção, Transporte, Caldeiras, e outros) de cada instalação.

Não é uma tarefa fácil e rápida, bem pelo contrário, porque:

- é uma atividade multidisciplinar;
- onde estão envolvidos vários investimentos e apostas técnicas;
- abrange um leque imenso e diversificado de atividades;
- irá encontrar resistência em todas as secções de uma organização;
- com o aprofundamento e análise do sistema escolhido, deverão ser emitidas recomendações técnicas e de produtos que deverão ser tidos em consideração no futuro;
- deverá atender às diversas normas legais existentes.

Por ser bastante complexo e exigente, o Responsável da Manutenção deverá estar preparado para as várias dúvidas que farão parte do seu dia-a-dia. **M**

Guia prático de gestão da manutenção de edifícios

1. DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS E INDICADORES NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Qualquer exercício de gestão requer a definição de objetivos e indicadores para controlar o desempenho ou, por outras palavras, expressar o seguinte:

- O que pretendemos? Quais os objetivos ou metas a atingir?
- Como os atingiremos? De que forma os controlaremos?

Os objetivos exprimem, em linguagem corrente, aquilo que se pretende. No conjunto de objetivos para a área de manutenção poderemos incluir os que se seguem:

1. Gestão da manutenção de acordo com as boas práticas estabelecidas;
2. Controlo de energia e otimização;
3. Manutenção preventiva eficaz, mínimo de avarias e rápidas reparações;
4. Esforço na manutenção de melhoria para uma maior manutibilidade e eficiência energética;
5. Custos de operação otimizados;
6. Boa imagem.

Para beneficiar mais deste artigo, recomendo que leia atentamente a Norma publicada, EN 15341.

Para quantificar objetivos utilizamos **indicadores** que traduzem esses objetivos em números, e que nos permitem avaliar a evolução ao longo do tempo e apontar domínios para melhoria. De acordo com a Norma EN 15341, “*indicador é uma característica medida (ou conjunto de características) de determinado fenómeno, estabelecida por uma fórmula, que avalia a sua evolução*”.

A seleção de indicadores poderá traduzir-se num mero exercício de senso comum, escolhendo alguns (não demasiados!) dos indicadores descritos na Norma EN 15341.

Lembre-se que ao escolhermos um indicador devemos manter a consistência da sua formulação – caso

contrário, a sua evolução e comparação será enganadora – e usá-lo por tempo suficiente, para que possamos tirar ilações.

Outra recomendação é a de que não usemos demasiados indicadores, uma vez que a recolha de dados e análise consomem tempo e, à medida que temos mais informação, mais confusos poderemos ficar!

Ao longo dos próximos parágrafos é exemplificada a criação de alguns indicadores de desempenho para interpretar os objetivos acima mencionados, lembrando que muitos outros objetivos e indicadores poderão ser selecionados.

Devem identificar-se os indicadores da Norma de acordo com a fonte EN 15341, por exemplo T17, E21, utilizando uma letra e um número, sendo que as letras E, T e O significam, respetivamente, **Económico, Técnico e Organizacional**.

Agora, relativamente a esses objetivos, vamos por partes.

1.1. Manutenção de acordo com boas práticas

De facto, este objetivo tem um âmbito amplo.

A boa prática da manutenção entendida como um conjunto de regras básicas necessárias para a gestão, por norma, envolve o seguinte:

- Caracterização dos itens de manutenção e dos planos de manutenção preventiva;
- Caracterização das peças e materiais utilizados na manutenção e respetiva logística;
- Planeamento e gestão das ordens de trabalho;
- Custos da manutenção;
- Criação de um histórico de manutenção;
- Computação de análises de manutenção e indicadores.

Este objetivo é mais facilmente atingido com a utilização de um

Computerized Maintenance Management System (CMMS).

Se introduzir alguns indicadores de manutenção estabelecidos e for capaz de, consistentemente, acompanhar a sua evolução significa que tem uma maior probabilidade de ter um sistema de gestão da manutenção fiável. E lembre-se de que o aspeto crucial, ao trabalhar com indicadores, não é a sua computação, mas a recolha da informação necessária para a computação; apenas poderá recolher informação consistente, se tudo acima desse nível estiver propriamente organizado. Um sistema de gestão bem definido deve ser capaz de produzir indicadores consistentes; um CMMS adequado deverá produzir os indicadores sem qualquer esforço dedicado.

Caso consiga produzir indicadores credíveis poderá concluir de forma justificável que está a gerir a manutenção de acordo com as boas práticas.

É interessante verificar que algumas organizações industriais, com fábricas espalhadas em diferentes áreas geográficas, estipulam que cada fábrica deverá computar o mesmo conjunto de indicadores baseados, naturalmente, na mesma fonte de parâmetros. Para efeitos de *benchmarking* é interessante, mas o grande valor reside em garantir que todas as fábricas têm uma abordagem na manutenção

Se a gestão de topo de uma organização estabelece um requisito para um conjunto de Key Performance Indicators (KPI) de manutenção para os edifícios a serem reportados, está implicitamente a especificar que os requisitos de um sistema de gestão adequado estão a ser aplicados e a manutenção está a ser conduzida de acordo com as boas práticas.

de acordo com as boas práticas estabelecidas. O mesmo se aplica a edifícios.

1.2. Controlo da energia e otimização

Recolher informação sobre o consumo global de energia da instalação é essencial.

Para além da avaliação global deve ser feita uma apreciação individual da energia de alguns ativos e sistemas para que se possa ter uma imagem mais detalhada do consumo energético, permitindo-nos, eventualmente, identificar pontos fracos e eleger áreas que merecem melhoria. Iremos aprender muito acerca da nossa unidade de produção/edifício e, a curto prazo, iremos ser confrontados com um conjunto de possibilidades de melhoria nos ativos e sistemas, e provavelmente, introduziremos indicadores e objetivos neste contexto.

Devemos lembrar-nos de que o consumo de energia não depende unicamente do desempenho e da eficiência do equipamento. Depende de um grande número de fatores, sendo que a maioria deles não são da responsabilidade direta do Departamento de Manutenção mas, muitas vezes, podem ser identificados pelas pessoas da manutenção que devem desenvolver uma atitude proativa no sentido de os detetar. Podemos enumerar um conjunto de possibilidades, a saber:

- Verificação/calibração de sensores para evitar dados incorretos;
- Melhorias no isolamento, *design* e equipamento para evitar perdas de calor;
- Eliminação de vapores, água aquecida ou refrigerada e fugas de ar comprimido;
- Melhorias na lubrificação;
- Detecção prévia da má condição dos rolamentos;
- Recomendações para a deteção de más condições relacionadas com desperdício de energia (pontes de ajuste operacional, equipamento a trabalhar desnecessariamente, janelas abertas, entre outras);
- Recomendações para melhorias no *design*.

A maioria destes pontos pode ser cumprida de forma bem-sucedida através de rotinas sistemáticas de acompanhamento e com uma **obsessão** pela problemática da energia.

1.3. Manutenção preventiva eficaz/mínimo de falhas

Os indicadores de eficácia na manutenção são bem servidos pelos indicadores de manutenção descritos na Norma.

$$T17 = \frac{\text{Tempo de funcionamento total}}{\text{Número de avarias}} \text{ Horas}$$

$$T21 = \frac{\text{Tempo total para restabelecimento}}{\text{Número de avarias}} \text{ Horas}$$

onde:

- Tempo de funcionamento = intervalo de tempo durante o qual um bem cumpre a função requerida;
- Tempo para restabelecimento = intervalo de tempo durante o qual o bem se encontra indisponível devido a uma avaria (incluindo atrasos administrativos e logísticos);
- Número de avarias.

O T17 expressa o tempo médio de funcionamento entre avarias; na linguagem conceptual de manutenção é o chamado **MTBF** – *Mean Time Between Failures*.

O T21 expressa o tempo médio para completar uma reparação; na linguagem de manutenção é um indicador que se aproxima do **MTTR** – *Mean Time To Repair*.

Note-se que em todos os indicadores, o numerador e o denominador devem referir-se ao **mesmo item de manutenção** (a fábrica/edifício como um todo, o sistema, entre outros) e ao **mesmo período de tempo**.

Importa recordar que a questão crucial na computação de indicadores é a fiabilidade da fonte de informação; sem isto não existem indicadores relevantes.

1.4. Esforço na melhoria

Vamos assumir que a necessidade de melhoria já foi diagnosticada e que queremos algumas métricas para exprimir o esforço nesta área. A manutenção de melhoria é, frequentemente, identificada como um objetivo sempre presente para edifícios (introdução de equipamentos que permitam poupar energia, melhoria de acessos na manutenção, monitorização de equipamentos e similares). Um indicador que pode também ser selecionado da Norma acima referenciada, e que é apropriado para exprimir este esforço é o seguinte:

$$E19 = \frac{\text{Custo de manutenção de melhoria}}{\text{Custo total de manutenção}} \times 100\%$$

onde:

- Custo de manutenção de melhoria = a parte dos custos de manutenção dedicada ao tipo de trabalho de **melhoria**;
- Custo total de manutenção = salários + taxas sociais + tempo extra do pessoal + pessoal externo + materiais e peças + contratantes + custos departamentais (energia, maquinaria, depreciações, entre outras). São excluídos custos de paragem.

1.5. Custos de operação otimizados

Os custos de operação recaem no domínio da gestão operacional. Deixemos então que a produção estabeleça os seus próprios indicadores. A manutenção deve ter especial atenção a esses indicadores, sabendo que estes se encontram vinculados aos seus e que as maiores preocupações em termos de custos, numa instalação, estão claramente associadas à manutenção e à problemática da energia.

1.6. Boa imagem

A imagem é também domínio da gestão operacional. A gestão operacional produz os seus próprios indicadores e deve tentar usar ou criar um ou mais indicadores de manutenção que, de alguma forma, expressem aquilo que se pretende.

É claro que o desempenho da manutenção é um grande contribuinte para a imagem global da instalação e todas as pessoas do Departamento devem ter consciência disso. Existem muitos olhares críticos – questões relacionadas com a qualidade, higiene, condições de visibilidade dos itens de manutenção, entre muitos outros.

1.7. Maintenance scorecard

Importa reforçar que para computar indicadores é necessário ter implementado um sistema de gestão que produza, de forma consistente e rigorosa, os fatores

O conjunto de KPI selecionados envolve, normalmente, relações mútuas que devem ser analisadas para identificar interações entre os indicadores, ajudando o gestor a entender melhor a tendência atual das suas ações e princípios. O conjunto de KPI selecionado pela gestão para sentir a organização constitui o Balanced Scorecard.


que compõem as suas formulações. A introdução de informação é a componente mais crítica para trabalhar com indicadores, e se for bem-sucedido ao fazer isto terá um sistema de gestão da manutenção adequado.

Se a gestão de topo de uma organização estabelece um requisito para um conjunto de *Key Performance Indicators* (KPI) de manutenção para os edifícios a serem reportados, está implicitamente a especificar que os requisitos de um sistema de gestão adequado estão a ser aplicados e a manutenção está a ser conduzida de acordo com as boas práticas.

O conjunto de KPI selecionados envolve, normalmente, relações mútuas que devem ser analisadas para identificar interações entre os indicadores, ajudando o gestor a entender melhor a tendência atual das suas ações e princípios. O conjunto de KPI selecionado pela gestão para **sentir** a organização constitui o *Balanced Scorecard*.

Para melhorar o consumo energético poderão ser feitos maiores investimentos no tipo de trabalho que designamos como “*manutenção de melhoria*”, sendo portanto razoável esperar valores mais elevados nos indicadores relacionados com o esforço na manutenção de melhoria (E19; ver Ponto 1.4.).

Melhorar a disponibilidade, expressa pelo indicador T21 (ver Ponto 1.3.) poderá penalizar os custos de manutenção.

A análise destas interações pode sugerir medidas de melhoria de forma equilibrada, significando a expressão *Balanced Scorecard* que deve incluir um conjunto de objetivos de desempenho que interagem entre si. 

Ultra-Low Power IoT Solution based on WSSN for Monitoring Infrastructures

1. INTRODUCTION

In recent years, one of the emerging technologies that have had big impact on the field of research is Wireless Smart Sensors Networks (WSSN) given its diversity of features and applications. The accelerating growth in IoT for data communication, for sensing and monitoring applications (ranging from biomedical to environmental targets) has originated a high demand not only for low-power autonomous devices but also for ultra-low cost combining single chip radio with baseband signal and digital data processing [1]. Target applications, such as Smart Grids, Cyber-Physical Systems, Body Area Networks, Internet of Things (IoT) and high-density environmental sensing networks, will be massively available if it is removed the requirement of explicit human action for energy recharge. A third concern for the deployment of large numbers wireless sensor networks is the cost of each individual remote device.

Present day infrastructure such bridges, buildings, roads and tunnels can use WSSN to test for structural fatigue caused by high vibrations, fire, flood, ice, etc. Patterns of these conditions can be monitored by using smart sensor nodes that transmit information to a Base Station (BS). This allows engineers to analyze structural damage and prevent future destruction. These WSSNs will be need for civilian and military use for extended time periods, requiring the system to use ultra-low power consumption, and to harvest energy from the surrounding environment. Several challenges were presented including o low signal-to-noise ratio and low maintenance. Surrounding environment conditions like noise and interference can lower

efficiency of low power signals. The WSSN was designed to withstand all forms of environmental conditions and harvest energy from the environment so that the sensors need little to no maintenance. Access to the data collected by the WSSN was also included in the design. The Wi-Fi network is the best solution because is a TCP/IP network and with a good coverage compare to other wireless networks. BS module includes a Raspberry Pi 3 (with Wi-Fi controller in the architecture) with Raspbian OS and Apache Server (webpage to access remotely).

In this paper, we propose a smart IoT node architecture to be applied in WSSN for infrastructure monitoring. In section 2, we explain IoT node architecture. Section 3 is dedicated to overview of components and system functionality. Finally in section 4, we draw the conclusions.

2. SMART IOT NODE ARCHITECTURE

WSSN tend to expand exponentially in a way so that these small devices can be easily deployed anywhere and collect any information from the environment. The development of monitoring systems based on miniaturized micro solid state technology allows a

large monitoring systems using Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) sensors which include a type of nano scale electrical, thermal, mechanical, optical or flow, among others [3]. On the other hand, the environmental monitoring is one of the main areas of application of this technology due to its characteristics that allow the measurement of parameters in different environmental settings, such as crop management, protection of forest fires, agriculture, earthquakes, active volcano, it is also possible to use macro-instruments for measuring parameters of large-scale such as landslides, atmospheric meteorology, pollution studies or even for planetary exploration [4] and finally water management. Water management requires massive, low-cost monitoring means coping with differentiated and evolving requirements. IoT is the recognized next step of ubiquitous networking of machines and devices (Cyber-Physical Systems). Smart appliances currently evolve in conjunction with small, lightweight devices which generate completely new requirements for underlying radio communication technology.

Recent technological advances in low power integrated circuits and wireless communications have made available efficient, low cost, low

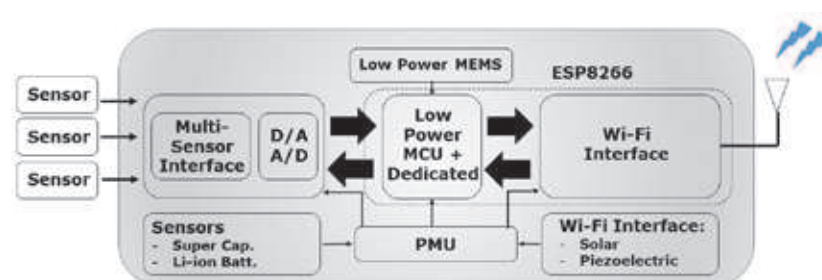


Figure 1. Smart IoT Node Architecture.

power miniature devices for use in remote sensing applications. The combination of these factors has improved the viability of utilizing a sensor network consisting of a large number of intelligent sensors, enabling the collection, processing, analysis and dissemination of valuable information, gathered in a variety of environments. Sensor data are shared among sensor nodes and sent to a distributed or centralized system for analytics. The components that make up the WSN monitoring network include: sensor node, WSN communication stack, middleware and secure data aggregation. In this work we focusing on WSN hardware. The sensor node is one of the main parts of a WSN. The hardware of a sensor node generally includes: the power, power management module, a sensor, a microcontroller, and a RF transceiver (Wi-Fi transceiver). The power module offers the reliable power needed for the system. The sensor is the bond of a WSN node which can obtain the environmental and equipment status. A sensor is in charge of collecting and transforming the signals, such as light, vibration and chemical signals, into electrical signals and then transferring them to

the microcontroller. The microcontroller receives the data from the sensor and processes the data accordingly. The RF module then transfers the data, so that the physical realization of communication can be achieved. It is important that the design of the all parts of a WSN node consider the WSN node features of tiny size and limited power. According the previously paragraphs we developed an architecture to a smart IoT node, Figure 1.

This architecture contains 3 parts: Multi-sensor, ESP8266 [5] and Power Management Unit (PMU). Multi-sensor block includes: multi-sensor interface, A/D, D/A, signal condition circuits. The ESP8266 block is a low-cost and low-power Wi-Fi chip with full TCP/IP stack and Microcontroller Unit (MCU), dedicated, reprogrammable and reconfigurable.

PMU provides power optimization process, with two approaches, for sensors and for MCU, for sensors: Li-ion batteries and/or super capacitors. For the MCU side, harvesting energy is the best solution, for example: solar or vibration (piezoelectric).

Our approach is to design a low-cost and low-power smart multi-sensor IoT node for WSSN. The system includes a BS: to

remotely access (supervising and monitoring all the sensors and processing data from all the sensors and all the nodes. It is possible to include in BS a 4G/3G portable router (using USB interface connected to Raspberry Pi 3) to guarantee a global coverage using cellular/mobile networks.

3. SYSTEM DESIGN

After complete construction of the project, the node costs is approximately 100 (without sensors) and the BS approximately €70. System architecture is present in Figure 2.

3.1. Base Station

Base station includes Raspberry Pi 3 [6], the third generation Raspberry Pi. The Raspberry Pi is a series of small single-board computers developed in the United Kingdom by the Raspberry Pi Foundation to promote the teaching of basic computer science in schools and in developing countries. The original model became far more popular than anticipated, selling outside of its target market for uses such as robotics. Peripherals (including keyboards, mice and cases) are not included with the Raspberry

Pi. Some accessories however have been included in several official and unofficial bundles. All models feature a Broadcom System on Chip (SoC), which includes an ARM compatible central processing unit (CPU) and an on-chip graphics processing unit (GPU, a VideoCore IV). CPU speed ranges from 700 MHz to 1.2 GHz for the Pi 3 and on board memory range from 256 MB to 1 GB RAM. Secure Digital (SD) cards are used to store the operating system and program memory in either the SDHC or Micro SDHC sizes. Most boards have between one and four USB slots, HDMI and composite video output, and a 3.5 mm phone jack for audio. Lower level output is provided by a number of GPIO pins which support common protocols like I²C. The B-models have an 8P8C Ethernet port and the Pi 3 has on board Wi-Fi 802.11n and Bluetooth. The Foundation provides Raspbian, a Debian-based Linux distribution for download, as well as third party Ubuntu, Windows 10 IoT Core, RISC OS, and specialized media center distributions. It promotes Python and Scratch as the main programming language, with support for many other languages. The default firmware is closed source, while an unofficial open source is available. Raspberry Pi 3, includes:

- 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU;
- 802.11n Wireless LAN;
- Bluetooth 4.1;
- Bluetooth Low Energy (BLE);
- 1GB RAM;
- 4 USB ports;
- 40 GPIO pins;
- Full HDMI port;
- Ethernet port;
- Combined 3.5mm audio jack and composite video;
- Camera interface (CSI);
- Display interface (DSI);
- Micro SD card slot (now push-pull rather than push-push);
- VideoCore IV 3D graphics core.

In the software side, we include Raspbian OS (based on Linux), and adding:

- Python 3 (for code developed);
- Apache Server (for remote access and to support SCADA webpage);
- Putty/VNC (for P2P remote access).

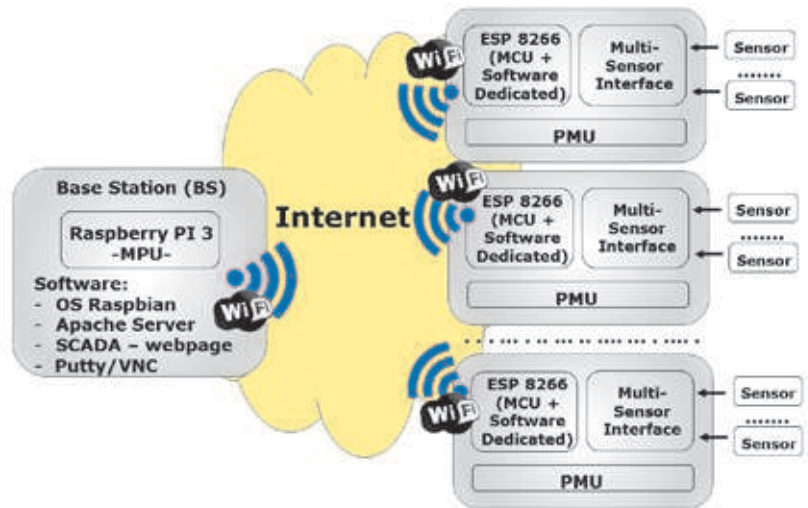


Figure 2. System Architecture.

3.2. Smart IoT Node

Smart IoT Node includes: ESP8266, multi-sensors and PMU. The ESP8266 WiFi module is a self-contained SoC with integrated TCP/IP protocol stack that can give any microcontroller access to Wi-Fi network. This module is programming in C/C++ for sensors data acquisition and to communicate with WiFi network. This module has a powerful enough on-board processing and storage capability that allows it to be integrated with the sensors and other application specific devices through its GPIOs with minimal development up-front and minimal loading during runtime. Its high degree of on-chip integration allows for minimal external circuitry, including the front-end module, is designed to occupy minimal PCB area.


The ESP8266 support any sensors (analog and digital) powered by 5V or 3.3V. There are a pinout limitation, so it's possible to connect directly (without adding additional circuit interface) 13 digital sensors (directly, Rx/Tx, SPI or I²C) and 1 analog sensor.

PMU is the power management and optimization block which provides power to all the devices included in the node. Li-ion batteries or super capacitor would be used for powered all sensors. The power solution for ESP8266 is using harvesting energy, like piezoelectric (vibration) and voltage panel (solar), in this case we create a charge circuit to powered batteries and super capacitor.

4. CONCLUSION

We test one node with one accelerometer and one piezoelectric sensor, in an infrastructure with different levels of vibrations. After we adding another node, with another accelerometer and another piezoelectric sensor. In both cases, data was successful transmit to the BS. There are several things that can be improved upon in this system. For example, develop a better webpage (with the SCADA software interface), a variety of sensors can be added to the system such as a water sensor to test for flooding, a barometer to test air pressure, temperature, and altitude, or humidity sensor.

5. REFERENCES

- K. Iniewsk, Ed., *Wireless Technologies: Circuits, Systems, and Devices*. NY, USA: CRC Press 2007;
- I.O. Donnell and R.W. Brodersen, *An ultra-wideband transceiver architecture for low power, low rate, wireless systems*, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol.54 no.5, pp. 1623-1631, Sep. 2005;
- C.J. Morris, S.A. Stauth and B.A. Parviz, *Self-assembly for microscale and nanoscale packaging: Steps toward self-packaging*, IEEE Transactions on Advanced Packaging, vol. 28 no.4, pp. 600-611, 2005;
- I.F. Akyildiz, et al., *Wireless sensor networks: a survey*, International Journal of Computer and Telecommunications Networking, vol.38 no 4, pp.393-422, 2002;
- www.raspberrypi.org, 10-02-2017;
- www.sparkfun.com/products/13678, 10-02-2017. 

Estudo Manutenção Inteligente 2016 – Práticas de análise de dados da manutenção em Portugal

No último trimestre de 2016 a PSE realizou a 2.ª edição do estudo *'Manutenção Inteligente'* com o objetivo de *'sentir o pulso'* às práticas existentes da utilização da análise de dados nos processos de manutenção em curso nas empresas localizadas em território nacional.

A opinião das empresas é unânime: *"incorporar análise avançada da informação na gestão da manutenção é um elemento central para uma manutenção inteligente! Apesar dos investimentos tecnológicos efetuados, o que coloca esta área como uma das mais ricas em termos de quantidade de dados e análise de informação, a falta de recursos e de conhecimentos analíticos avançados, em conjunto com dificuldade de acesso aos dados operacionais, afastam as organizações nacionais da excelência e da liderança pelos custos."*

Participaram no estudo 248 empresas representativas de 27 indústrias distintas. Esta amostra imputa um erro aos resultados abaixo apresentados na ordem dos 5,7%.

Mantendo a metodologia analítica adotada no 1.º estudo realizado em 2015, as principais conclusões a retirar nesta edição são as seguintes:

1. 65% das empresas acredita que as decisões devem ser fundamentadas em dados e informação;
2. 60% das empresas reconhecem que a produção de informação e a análise de dados na manutenção deve ser uma tarefa colaborativa;
3. Existem diferentes estádios de maturidade na adoção destas práticas – 60% das empresas ainda não as adotaram ou, apesar de sensibilizados, utilizam-nas de uma forma insuficiente. As restantes empresas já tomam decisões com base em dados e análise e têm em agenda

para 2017 a otimização dos processos atuais. O primeiro grupo é identificado no estudo como *'Underperformers'* e o segundo como *'Leaders'*. Há uma característica processual que distingue estes dois grupos – os *'Underperformers'* têm um peso de manutenção corretiva nos seus custos percentualmente muito superior aos *'Leaders'*;


4. Comparativamente, as decisões dos *'Underperformers'* são tomadas maioritariamente com base no instinto e na experiência de negócio enquanto nos *'Leaders'* são os dados e as análises que contribuem para a tomada de decisão;
5. Os processos analíticos menos utilizados no grupo de *'Underperformers'* são, por ordem crescente, *'Root-Cause Analysis'*, *'Alertas analíticos preditivos de manutenção'*, *'De-*

A manutenção inteligente é entendida como o conjunto de práticas que visam (1) mitigar intervenções de manutenção não programadas e, por conseguinte, minimizar os custos que lhes estão associados; (2) adotar uma atitude proativa para evitar paragens não previstas; e (3) identificar a atuar atempadamente sobre as causas das falhas.

teção de anomalias e novos padrões de falhas', 'Produção de indicadores de manutenção (KPI's)' e 'Análise do ciclo de vida dos ativos';

6. *'O envolvimento da gestão de topo na estratégia de manutenção'* e *'as fracas competências analíticas ao dispôr da organização'* são as duas principais lacunas organizativas que contribuem para o posicionamento de uma empresa no grupo dos *'Underperformers'*;
7. As principais barreiras, identificadas no conjunto das 248 empresas, para a adoção das práticas de análise de dados foram:
 - a) Acesso aos dados (80%);
 - b) Falta de competências e de capacidades analíticas internas (75%);
 - c) Ausência de ferramentas adequadas para fazer análise (72%);
 - d) Disponibilidade dos sistemas de informação (72%);
 - e) Justificação do valor do investimento (65%);
 - f) Falta de envolvimento e compromisso da gestão de topo (54%);
 - g) Cultura da organização (45%).

A manutenção inteligente é entendida como o conjunto de práticas que visam (1) mitigar intervenções de manutenção não programadas e, por conseguinte, minimizar os custos que lhes estão associados; (2) adotar uma atitude proativa para evitar paragens não previstas; e (3) identificar a atuar atempadamente sobre as causas das falhas.

O relatório final do estudo *'Manutenção Inteligente 2016'* está disponível por contacto com a empresa PSE – Produtos e Serviços de Estatística através do endereço de correio eletrónico: spssinfo@pse.pt. 

Manutenção de redes de água

Deteção e localização de perdas em redes residenciais e de distribuição.

- Erros de cadastro de consumidores;
- Água utilizada e não faturada;
- Perdas visíveis e não visíveis (fugas).



Verifica-se então ser essencial a deteção e reparação das fugas de água para garantir uma elevada eficiência e operacionalidade da rede. Quando as fugas não são facilmente detetáveis existem vários métodos que nos auxiliam nesta tarefa. Os métodos mais utilizados são: o **método acústico** e o **método de gás traçador**.

1. MÉTODO ACÚSTICO

Este método é o mais utilizado na deteção de fugas em redes de transporte e distribuição de água, redes industriais ou residenciais e sistemas de aquecimento.

Aproximadamente 85% das fugas de água produzem ruído. A maioria dos equipamentos de deteção baseiam-se em acústica, ou seja, são detetores do ruído provocado pelas fugas de água. Dependendo dos fatores envolventes à fuga, o ruído provocado pode variar, o que influencia diretamente o grau de dificuldade na deteção. Por este motivo a seleção da instrumentação a utilizar carece de um rigor extremo, para garantia da melhor *performance* na obtenção de resultados.

As perdas de água nas redes de distribuição concessionadas, ou mesmo nas redes industriais ou residenciais, produzem desperdício, reduzem a eficiência dos processos e geram perdas económicas ou encargos financeiros acrescidos a operadores e consumidores. A inspeção do estado das redes seria um procedimento de difícil execução se não existissem equipamentos específicos para a deteção e localização de perdas e que permitissem a sua rápida correção.

Um dos fatores determinantes para a elevada eficiência de uma rede de distribuição de água é a quantidade de água não faturada. Num processo otimizado, a quantidade de água que entra na rede é igual à quantidade entregue aos consumidores. Existem, no entanto, vários fatores que contribuem para o aumento da quantidade de água não faturada, sendo que os principais serão:

- Imprecisão de medição;
- Roubo;



Figura 1. Método de avaliação de perdas – Modelo de cálculo padrão do IWA (International Water Association).

Fator	Nível de ruído gerado
Pressão da rede	Quanto maior a pressão, maior será o ruído gerado.
Tamanho da fuga	Quanto menor for o tamanho, maior será o ruído gerado.
Material da rede	Quanto maior for a velocidade de transmissão do som no material, maior será o ruído gerado.
Tipo de terreno e profundidade da conduta	O tipo de terreno tem uma importância fundamental na transmissão do ruído, assim como a profundidade da conduta (quanto mais profundo mais difícil será a deteção).

a. Pré localizadores da área de fuga

A pré-localização de fugas de água consiste na escuta da rede em vários pontos. Para esta análise são utilizados pré-localizadores ou *loggers* que

registam níveis de ruído (som) durante os períodos de menor consumo da rede (ruído residual). Estes são acoplados na rede, normalmente em acessórios de fácil acesso como válvulas de corte, e a análise em cada um dos pontos permite identificar, com alguma precisão, as zonas com probabilidade de existência de fugas. Também aqui, a diversidade de equipamentos existentes no mercado obriga a uma análise cuidada, remetendo a sua escolha para dois fatores chave: a sensibilidade permitindo um maior raio de alcance de escuta e consequentemente uma maior cobertura da rede com o mesmo número de unidades, e a comunicação bidirecional potenciando menores consumos energéticos destes equipamentos e, como tal, uma maior autonomia que pode chegar aos 8 anos de serviço sem qualquer manutenção.



Figura 2. Instalação de pré-localizador de fugas (*logger* de ruído).

Através da análise dos dados obtidos pode determinar quais as áreas com maior probabilidade de existência de fuga e, deste modo, priorizar as zonas a verificar e as áreas livres de fugas, onde não é necessário alocar recursos.

As vantagens do conhecimento prévio das zonas com fugas são

evidentes. Nas zonas em que não existem fugas não é necessário realizar trabalhos específicos de deteção. Deste modo reduzem-se investimentos, tanto em infraestruturas e equipamentos como em pessoal alocado. O trabalho subsequente em zonas onde previamente foram detetadas fugas é muito mais eficiente. Os pré-localizadores permitem, com um investimento reduzido, verificar a rede, uma ou várias vezes ao ano e, deste modo, melhorar o seu rendimento.

É essencial reduzir o número de fugas mas também reduzir o tempo de cada uma delas.

Método:

- Instalação em pontos da rede de fácil acesso tais como válvulas, contadores ou bocas-de-incêndio;
- Efetuar leituras durante os períodos de menor consumo da rede (previamente programados pelo operador);
- Registrar valores de intensidade de som em intervalos de um segundo. Estes equipamentos também registam frequência e a amplitude da medição;
- Ainda que seja possível a análise de todos os valores registados, o valor mais indicativo é o de menor intensidade em todo o período de escuta (ruído residual).

Se o *logger* estiver instalado num local sem fugas e se durante o período de escuta ocorrer um só segundo em que não se regista qualquer consumo ou ruído ambiente, o valor mais baixo de intensidade de ruído captado será um valor muito baixo (próximo de zero). Por outro lado, se o *logger* estiver instalado perto de uma fuga,

o valor mais baixo de intensidade de ruído captado será um valor alto (que terá origem numa fuga cujo som é constante).

Para além do valor mínimo, também é importante analisar a frequência do som de cada um desses valores mínimos de ruído, registados em cada ponto. A frequência só é analisada nos pontos que apresentam elevadas intensidades de ruído:

- Considera-se fuga se os valores registados estiverem entre os 200 e os 2000 Hz;
- Valores de 50, 60 ou 100 Hz são indicativos de instalações elétricas.

A autonomia, versatilidade e robustez destes equipamentos permite a sua utilização em distintas aplicações:

ITINERANTE

- Alteração de local de instalação em curtos prazos de tempo (cada dia);
- Requer algumas horas de trabalho diário (para a alteração de localização).
- Esta aplicação permite a medição e controlo de zonas amplas mediante a utilização de poucas unidades.

PERMANENTE

- Instalados num ponto fixo durante um grande período de tempo;
- Não implica investimento de tempo (horas de trabalho alocadas à leitura de dados).

Para este tipo de aplicação são necessárias mais unidades para o controlo de uma determinada zona comparativamente à aplicação itinerante. No entanto permite um maior rendimento da rede dado que a fuga é detetada no momento da sua ocorrência.



Figura 3. Pré-localizadores. Mapa de instalação na rede. Avaliação de Intensidade de ruído. Análise de frequências.

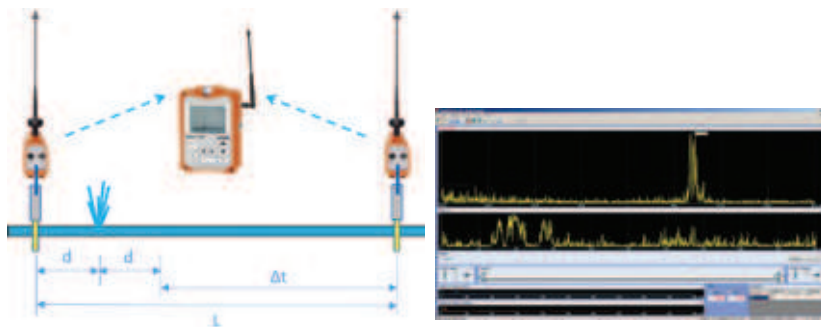


Figura 4. Aplicação de correlador – parâmetros necessários à correlação. Localização da fuga – análise dos dados de áudio/cálculos efetuados.

b. Correladores

A correlação consiste na escuta da fuga em dois pontos da rede em simultâneo (válvulas, medidores, bocas de incêndio, entre outros) e permite determinar a localização exata da fuga.

São colocados microfones/transmissores que medem os valores do ruído nos dois pontos da rede e os enviam, via rádio, para uma unidade central que os filtra, analisa e calcula o local da fuga.

Para que este método funcione é necessário que o ruído da fuga chegue aos dois pontos de medição e que sejam conhecidas as características da conduta (material e diâmetro) e a distância entre os dois pontos de medição. Quanto mais exata for esta informação mais preciso é o resultado obtido.

Que cálculos efetua um correlador?

Em primeiro lugar efetua uma medição de Δt . Este parâmetro (Δt) indica a diferença de tempo que demora o som de uma fuga a alcançar o segundo microfone relativamente ao primeiro. O comprimento do troço a analisar (L) e o tempo que o som da fuga demora a chegar ao primeiro microfone que o capta são os restantes parâmetros necessários ao cálculo. Uma vez medido o valor de Δt procede-se ao cálculo da distância da fuga ao microfone que capta primeiro o som (d).

$$d = \frac{L - v \cdot \Delta t}{2}$$

Esta equação demonstra as condições necessárias para que uma correlação tenha êxito:

- O som da fuga tem de chegar aos dois microfones. Se esta condição não ocorrer, não será possível a determinação de Δt e, por isso, o correlador não assinalará a existência de fuga;
- A exatidão na determinação do ponto da fuga dependerá da exatidão na introdução dos dados das outras variáveis:
 - L:** Comprimento do troço a analisar,
 - V:** velocidade do som no troço a analisar.

Importância do comprimento

O comprimento L entende-se como o troço de conduta percorrido pelo som. O erro no resultado final associado ao comprimento é igual a metade do erro introduzido (diferença entre a distância real e a introduzida). Exemplo: se o erro no valor introduzido for de 2,6 metros, o erro no resultado final será de 1,3 metros.

Importância da velocidade do som

O erro no resultado final depende da velocidade do som, que depende da localização da fuga (relativamente aos microfones) dado que esta última

gera o valor de Dt que, por sua vez, multiplica pelo valor da velocidade do som. Por exemplo: se a fuga estiver centrada, o valor de Dt será baixo e a sua influência será muito pequena. Se pelo contrário, a fuga estiver próxima de um dos transmissores, o valor de Dt será muito alto e, por isso, a sua influência será muito elevada.

Problemas a enfrentar na prática

Os dados disponibilizados pelas tabelas incorporadas nos correladores são para condutas novas. Se, por exemplo, a conduta a verificar for de ferro fundido e tiver 50 anos, isto significa que nem o diâmetro do tubo nem a velocidade do som tabelados são corretos e, conseqüentemente, muito menos será o resultado final da correlação.

Por esta razão, o resultado de uma correlação nunca deverá ser assumido como final. É necessário confirmar, através de um geofone, se os resultados da correlação e da localização real da fuga coincidem.

c. Geofones

Consiste na deteção da fuga através da análise do ruído produzido por esta, diretamente na rede ou no terreno à superfície. Este é, sem dúvida, o equipamento mais utilizado na manutenção de redes de água e utilizado para confirmar, sempre, os resultados obtidos na utilização dos correladores e/ou pré-localizadores. O geofone deve ser utilizado em alturas em que não existam consumos na rede ou que estes sejam os menores possíveis (uma vez que o consumo também gera ruído). Sempre que possível deve fazer-se uma pré-localização ou escuta direta nos acessórios da rede e depois

	DN20	DN25	DN30	DN40	DN50	DN65	DN80
Ferro fundido				1440	1410	1320	1300
Aço	1350	1385	1370	1350	1320	1300	1280
AZ				1200	1180	1160	1120
PVC			600	530	485	470	460
PE		450	440	430	420	405	390
Cobre	1350	1330	1310	1300	1280	1250	1230
Chumbo	1220	1200	1180	1170	1150	1130	1100
Betão							

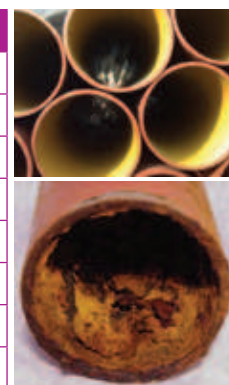


Figura 5. Tabela de velocidades de propagação do som *standard* em diversos materiais. Exemplo de degradação das redes mais antigas.

uma localização no terreno. Ainda que, como quase sempre, a experiência permita a melhoria dos resultados obtidos, através da geofonia um operador com pouca experiência pode encontrar fugas desde o primeiro dia de trabalho.

Pré-localização



Localização



Figura 6. Metodologias de localização de uma fuga (escuta nos acessórios e na vertical da rede) com recurso a geofonia.

O ponto onde o nível de ruído tem a maior intensidade será o ponto onde se encontra a fuga de água. Existem vários tipos de acessórios de escuta e ajustes possíveis nos equipamentos. Deve escolher-se sempre o mais adequado ao tipo de terreno/tipo de acessório de rede onde a escuta está a ser realizada.

Como exemplo, numa escuta direta à rede através de uma válvula, os sons obtidos estarão na gama de frequências entre os 600 e os 2000 Hz, enquanto o mesmo som obtido numa escuta no terreno poderá variar entre os 200 e os 600 Hz. O material das condutas também influencia a capacidade de escuta e transmissão do som da fuga. Materiais como o aço, ferro ou fibrocimento apresentam características muito favoráveis à propagação do som. No extremo oposto, a utilização de novos materiais como o PVC e o PE veio trazer novos desafios e obrigar ao desenvolvimento de equipamentos mais versáteis e sensíveis, adequados a diferentes tipos de utilização como zonas jardinadas, zonas pavimentadas, entre outras. Os equipamentos de referência permitem ainda a configuração automática da sensibilidade e gama de frequências, conforme o tipo de acessório de escuta utilizado.

2. MÉTODO DE GÁS TRAÇADOR

Para as fugas que não são possíveis de detetar pelo método acústico, a solução será utilizar gás traçador. Este método passa pela introdução de um gás específico na conduta (normalmente uma mistura de 5% de hidrogénio e 95% de azoto – mistura comercial de fácil obtenção e segura) a uma pressão mínima de 2 bar.



Figura 7. Detecção de fuga em conduta enterrada, através de gás traçador.

A molécula de hidrogénio é a mais pequena de todos os gases conhecidos, o que permite que escape pela mais ínfima falha da rede e atravesse o solo, asfalto, betão, entre outros. A detecção da fuga é feita através da monitorização da sua concentração. Como o hidrogénio não existe de forma natural no ar ambiente, a sua presença será um indicador da existência de fuga e essa estará tão próxima quanto maior for a concentração registada pelo equipamento.

Em fugas que não são possíveis de detetar com o método acústico, por ausência de ruído ou pela sua pequena dimensão, é cada vez mais comum a utilização do método de gás traçador.

A escolha deste tipo de equipamentos deve considerar, sobretudo, a elevada sensibilidade de detecção, que poderá ir até aos 0,1 ppm, mas também a sua baixa sensibilidade face às

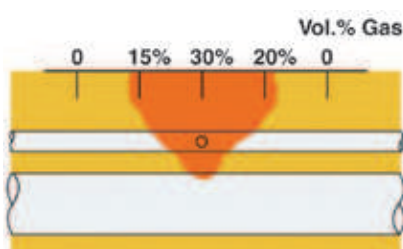


Figura 8. Representação da libertação do gás traçador numa fuga em conduta enterrada. Calibração de analisador.

interferências comuns da humidade e do metano (presente no gás de consumo) para a obtenção de resultados seguros e precisos. São também fatores diferenciadores a possibilidade de utilizar o mesmo equipamento com outros gases (metano, propano e butano, por exemplo) e uma abrangente gama de medição (0,0 ppm – 100%Vol), permitindo realizar outras tarefas de medição.



Figura 9. Detecção de fugas em redes domésticas de água e de aquecimento, através dos métodos acústicos e gás traçador.

FONTES

- Sewerin Ibéria;
- Ersar – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos;
- IWA – International Water Association;
- EMASESA – Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla. ^M



Como evoluir do paradigma “*avaria/arranjo*” nos ciclos de manutenção dos sistemas elétricos

Quantas vezes os funcionários de uma empresa passaram por uma situação em que um equipamento-chave, quer seja num edifício ou numa fábrica, tem uma falha e todos tentam perceber o que aconteceu? Num desses cenários as equipas de manutenção estão sob intensa pressão para colocar o sistema em falha a funcionar o mais depressa possível. Estes eventos stressantes ocorrem com mais frequência do que deviam.

No domínio dos principais sistemas elétricos, o desempenho e a expectativa de vida dos equipamentos são afetados pelas condições envolventes, de carga ou ciclos de trabalho excessivo. A maioria das organizações têm lacunas nas suas práticas de gestão de infraestruturas elétricas. Como resultado, o Custo Total da Propriedade (TCO) do equipamento aumenta à medida que aumenta o tempo de inatividade.

A maioria das empresas adota uma abordagem “*reativa*” para a manutenção, que consiste no arranjo de equipamentos apenas quando estes avariaram. De facto, cerca de 55% dos proprietários e operadores de edifícios nos Estados Unidos^[1] dependem da abordagem de manutenção “*avaria/arranjo*” para cuidar dos seus equipamentos. Ao evitar pagar os custos de manutenção após a garantia do produto expirar, acreditam que é o método menos dispendioso de suporte à base de ativos instalada.

Na verdade verifica-se o oposto. Em comparação aos métodos de manutenção mais planeados, como a manutenção preventiva (agendada) ou a preditiva (monitorização em tempo real), a manutenção reativa (avaria/arranjo) é a abordagem mais dispendiosa. Ao aguardar pela falha real, os operadores acabam por verificar que os custos de reparação/substituição

serão máximos e as interrupções no serviço serão longas.

A MODERNIZAÇÃO DOS ATIVOS ESTÁ A TORNAR O MÉTODO DE AVARIA/ARRANJO MAIS ARRISCADO

A tecnologia e os negócios estão a evoluir de tal forma, tornando o tempo de atividade mais crucial do que nunca. Os custos de inatividade estão a subir vertiginosamente com perdas de milhares de dólares para as médias empresas cada vez que um sistema chave falha. Os novos produtos com conectividade integrada estão a substituir os dispositivos “*mudos/não inteligentes*” mais antigos. Desta forma, e uma vez que os sistemas recentes são muito mais automatizados e conetados do que eram no passado, a esfera de influência de um incidente de inatividade é muito maior.

Tendências como a “*Internet das Coisas*” (IoT) agravam o problema. Os benefícios de negócio de ser ter cada vez mais sistemas conetados são evidentes de uma perspectiva de produtividade e eficiência. No entanto, de um ponto de vista de manutenção, o tempo de inatividade inesperado nestes ambientes ricos em conectividade traduz-se numa estratégia “*fora de negócio*”.

COMO A MODERNIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO ECONOMIZA DINHEIRO

O custo do tempo de inatividade pode ser reduzido pela substituição da manutenção reativa por uma combinação otimizada de manutenção avaria/arranjo, preventiva e preditiva. A manutenção preventiva é uma opção menos dispendiosa do que a manutenção reativa, mas mais cara do que a preditiva. Uma abordagem de manutenção preventiva implica inspeções regulares de equipamentos, independentemente da necessidade de arranjo dos mesmos.

Num cenário de manutenção preventiva, as máquinas são paradas ou os dispositivos são desligados para que os técnicos da manutenção entrem e verifiquem o estado do equipamento. Dependendo do ambiente pode acontecer quatro vezes num ano, durante períodos menos perturbadores para o negócio. Num ambiente preditivo, a monitorização dos equipamentos é realizada de forma contínua. Os “*Sinais Vitais*” são tidos em conta. Se se verifica um aumento na temperatura é realizado um diagnóstico detalhado e é calculada uma estimativa do tempo de atividade restante, projetada com base em tendências históricas. Essa estimativa recomenda o melhor momento em que as máquinas irão necessitar de arranjo (antes da avaria). Assim, em vez de quatro interrupções da componente do tempo de atividade em determinado ano, esse aparelho poderá apenas ser retirado da linha de produção uma vez para implementar o arranjo. Este aspeto ajuda a minimizar as interrupções dispendiosas para o tempo de atividade dos sistemas de processo. ■