



REDUÇÃO DOS TEMPOS DE INTERVENÇÃO: PROPOSTA BASEADA EM REGISTOS DE FALHA

JORGE JULIÃO¹, RICHARD GREENOUGH²

¹ Universidade Católica Portuguesa, Escola Superior de Ciências e Tecnologia
Figueira da Foz, Portugal

² Cranfield University, School of Industrial and Manufacturing Science
Cranfield, Bedford, UK

(Recibido 3 de abril de 2004, para publicación 22 de febrero de 2005)

Resumo – Tradicionalmente as técnicas de redução de tempos de paragem são fundamentadas na prevenção de falhas. Apesar do inegável sucesso destas técnicas, é impossível prever todas as falhas. Deste modo este artigo apresenta uma proposta para minimizar tempos de paragem através da redução dos tempos de intervenção (acções correctivas). É sugerido que fornecendo aos técnicos de manutenção um fácil acesso a informação sobre experiências de falha, as intervenções de manutenção serão efectuadas de modo mais eficaz e eficiente. Por forma a tornar esta informação acessível, é proposto um modelo para classificar registos de falha. Este modelo irá servir de base à criação de um modelo de apoio à decisão para assistir a manutenção correctiva, em particular os técnicos de manutenção. O artigo apresenta ainda os resultados quer de uma pesquisa bibliográfica quer de um caso de estudo, de modo a caracterizar situação actual da gestão de informação sobre registos de falha. A pesquisa bibliográfica é centrada nos métodos e utilização de informação sobre falhas, e evidencia algumas das suas deficiências. O caso de estudo apresenta os principais resultados de uma investigação realizado com especialistas de manutenção, e visa complementar os resultados da literatura.

Palavras chave – Manutenção, tempos de paragem, gestão de registos de falha.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem-se verificado uma enorme pressão em todas as organizações industriais no sentido de serem mais competitivas no mercado mundial. A modernização e a automação tomou lugar em quase toda a indústria, as quais combinadas com as novas filosofias de produção (por exemplo “just-in-time”), têm forçado gestores e engenheiros a otimizar todos os sistemas envolvidos nas suas organizações [1]. Um desses sistemas é a função manutenção, cuja importância estratégica tem vindo a ganhar cada vez mais reconhecimento [2]. Reflexo disso é o aparecimento de novas técnicas e filosofias de manutenção que visam principalmente o aumento da fiabilidade e disponibilidade do equipamento, uma resposta mais fiável e rápida às solicitações, e uma utilização mais eficiente de recursos [3].

A generalidade destas novas técnicas e filosofias de manutenção visam fundamentalmente a redução dos tempos de paragem através da prevenção de falhas. No entanto, nenhuma destas técnicas consegue prever ou antecipar todas as falhas [4]. Deste modo, continuam a ocorrer falhas inesperadas, as quais conduzem a actividades de manutenção correctiva e em muitos casos a elevados tempos de paragem. Assim, para reduzir os tempos de paragem, a função manutenção tem de ser capaz, além de prever falhas, de proporcionar reparações eficazes e eficientes, de modo a reduzir os tempos de intervenção. Nesse sentido o artigo propõe um método para minimizar os tempos de paragem através da redução do tempo de intervenção. É sugerido que fornecendo aos operadores de manutenção um fácil acesso à informação sobre como as falhas foram diagnosticadas e reparadas em outras ocasiões, as acções de reparação futuras serão efectuadas de modo mais eficaz e eficiente.

Para que esta informação esteja disponível, os dados sobre falhas têm de ser recolhidos, classificados e armazenados de forma a serem facilmente acessíveis, isto é, geridos de forma eficiente. Como tal, o artigo apresenta resultados obtidos de uma revisão bibliográfica e de um caso de estudo, por forma a traçar uma

visão actual de como a informação sobre falhas é gerida pela função manutenção. A revisão bibliográfica apresenta uma perspectiva para a redução dos tempos de paragem e distingue e avalia os principais métodos de gestão de informação sobre falhas. O caso de estudo mostra os principais resultados de uma investigação exploratória realizada a especialistas de manutenção. Por último, o artigo propõe um modelo para classificar registos de falha, o qual constituirá a base para o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para assistir as actividades da manutenção correctiva. O objectivo deste sistema será proporcionar aos técnicos de manutenção um fácil acesso a informação sobre falhas que ocorreram no passado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Redução de tempos de paragem

A crescente integração dos processos produtivos faz com que as falhas dos equipamentos tendam a conduzir a consequências mais imediatas e dispendiosas [5]. As quebras de produção originadas por inesperadas falhas de equipamento normalmente conduzem a custos adicionais devido aos tempos de paragem, a perda de produção, e à redução de qualidade [6]. Uma das principais (se não a principal) contribuições da função manutenção para uma organização é minimizar os tempos de paragem devidos a falhas de equipamento. A redução dos tempos de paragem pode ser alcançada reduzindo a frequência e a duração dos trabalhos de manutenção.

A frequência dos trabalhos de manutenção é reduzida através da diminuição do número de falhas, isto é, através do melhoramento da disponibilidade dos equipamentos. Neste sentido, várias técnicas de manutenção preventiva e predictiva têm sido aplicadas com elevada taxa de sucesso (exemplo: análises de fiabilidade e de falhas). Apesar destas técnicas terem contribuído para uma redução do número de falhas, a ocorrência de falhas inesperados nos equipamentos é inevitável [4, 7, 8], além de que é impossível prever com rigor, quando é que uma determinada falha irá ocorrer [9]. Conclui-se assim que as actividades de manutenção correctiva (não programada) não podem ser totalmente eliminadas.

A duração dos trabalhos de manutenção (actividades correctivas) poderá ser reduzida melhorando o tempo de resposta à falha e o tempo de intervenção. O tempo de resposta é o tempo compreendido entre a ocorrência da falha e a chegada ao local da equipa de intervenção. Vários métodos têm sido aplicados com sucesso para reduzir o tempo de resposta, tais como, a emissão de ordens de trabalho automáticas, CMMS (Computerised Maintenance Management Systems) que são ligadas em rede entre produção e manutenção, e sistemas de alarme ligados aos CMMS [10]. Por outro lado, pouco tem sido desenvolvido para assistir a intervenção em si, pelo que este artigo é dedicado fundamentalmente à redução dos tempos de intervenção.

Redução dos tempos de intervenção. Por forma a otimizar os tempos de intervenção, as actividades correctivas terão de ser conduzidas de modo eficaz e eficiente, isto é, quer a fase de diagnóstico, quer a fase de reparação necessitam de ser optimizadas (Fig. 1).

Para optimizar a fase de diagnóstico, os tempos para identificar a falha e os meios para a rectificar terão de ser ambos reduzidos, assim como tem de ser garantida a identificação correcta da falha. De acordo com Labib [10] os dois principais requisitos para reduzir o tempo de diagnóstico são: melhorar a perícia dos trabalhadores e a disponibilização de informação sobre acções de manutenção passadas. O melhoramento da perícia dos trabalhadores é geralmente conseguido através de experiência e treino (formação), processos que são geralmente morosos e dispendiosos. Para além disso, grande parte desta experiência e treino é perdida quando se substituem os equipamentos [11], e quando os técnicos abandonam a organização.

Outra forma de optimizar a fase de diagnóstico é através do acesso a experiências de falha (registos de falha) e a documentação técnica. Actualmente são utilizadas várias formas de registos de falha, tais como ordens de trabalho, relatórios de serviço, etc. Para que estes registos possam ser utilizados para optimizar a fase de diagnóstico, terão de incluir a descrição de como as falhas ocorridas foram identificadas e corrigidas, assim como a indicação das causas da falha (quando identificadas). Esta informação irá garantir uma identificação mais rápida e precisa da falha, assim como assegurar que são corrigidas as causas de falha e não apenas os seus sintomas. Todavia, Moubray [12] refere que, habitualmente, estes

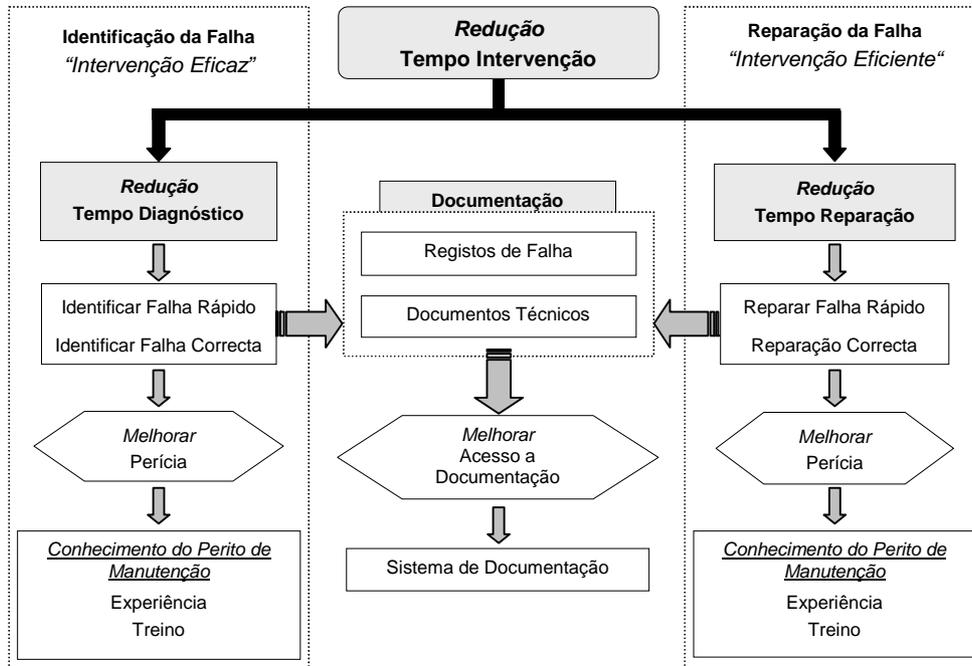


Fig. 1. Redução do tempo de intervenção.

registos descrevem o que foi feito para reparar a falha sem indicar as suas causas, as quais representam talvez a mais importante informação sobre falha. De acordo com Kelly [13] o diagnóstico das causas de falha é um processo de alguma complexidade e envolve um tempo considerável. Kelly [13] suporta também o argumento de Labib [10], referindo que este processo de diagnóstico poderá ser simplificado acedendo aos registos de falha ocorridas no passado.

Para reduzir o tempo da intervenção é necessário também otimizar a fase de reparação, isto é, corrigir a falha o mais rápido possível e garantir que este processo é efectuado de forma correcta. A optimização deste processo requer normalmente um melhoramento da perícia dos executantes e uma disponibilidade imediata dos recursos necessários para a execução da reparação (exemplo: peças de reserva, materiais, ferramentas, etc.) [10]. O melhoramento da perícia dos executantes envolve experiência e treino que, como já referido, constitui um processo moroso e dispendioso. Em relação à disponibilidade de recursos, existem vários métodos de apoio logístico, como por exemplo os sistemas automáticos de gestão associados à maioria dos CMMS, que poderão ser aplicados para minimizar o tempo necessário para reunir os recursos necessários para a intervenção.

Tal como na fase de diagnóstico, os executantes poderão recorrer a vários tipos de documentação para otimizar o processo de reparação, tais como registos de falha e manuais técnicos. Os registos de falha geralmente incluem uma descrição das acções conduzidas para diagnosticar e reparar as falhas assim como indicação dos recursos necessários. Esta informação irá ser fundamental para os executantes quando confrontados novamente com o mesmo tipo de falha. Durante as intervenções correctivas, ambas as fases de diagnóstico e reparação poderão também ser assistidas através do recurso a manuais técnicos, tais como manuais de reparação e operação, geralmente fornecidos pelos vendedores dos equipamentos. Apesar disso, os executantes tradicionalmente recorrem à sua experiência pessoal, ou de outros (exemplos: colegas e consultores) em vez de usarem os referidos manuais, pois geralmente há falta de motivação para os usar. Acresce que, os referidos manuais são normalmente de difícil pesquisa, raramente são actualizados e apresentam apenas informação generalista. Esta estratégia de confiar apenas no conhecimento intrínseco ao *especialista*, apesar de comum, envolve algum risco. Os especialistas nem sempre estão disponíveis e parte do conhecimento adquirido com a experiência é esquecido, pelo que é de todo relevante efectuar registos de falha, onde deve ser indicado de forma sumária o modo como as falhas

foram diagnosticadas e reparadas, para que esta informação possa ser usada em futuras intervenções.

A importância dos registos de falha foi há muito reconhecida por muitas organizações e são vários os sistemas que têm sido desenvolvidos para apoiar o registo de informação sobre falhas, sendo os mais populares os CMMS. No entanto, não é do conhecimento dos autores que exista actualmente algum sistema direccionado para assistir as actividades de manutenção correctiva baseado nos registos de falha, e que promova a aquisição e classificação de informação referente ao diagnóstico e reparação de falhas. Como tal, neste artigo é sugerido que os tempos de paragens poderão ser reduzidos através da diminuição dos tempos de intervenção optimizando a fase de diagnóstico e de reparação, através de acesso facilitado a informação sobre falhas.

2.2. Gestão de informação sobre falhas

A gestão de registos de falha é provavelmente uma das actividades mais significativas da função manutenção. Moubrey [12] refere que a maioria dos especialistas acredita que políticas eficientes de manutenção só podem ser formuladas a partir de uma extensiva base de dados de registos de falha.

Métodos de gestão de falhas. Os métodos utilizados para gerir os registos de falha são tradicionalmente classificados como métodos manuais (registos em papel) e métodos computadorizados (registos informáticos). Os métodos manuais estão a ser cada vez menos utilizados face aos computadorizados porque requerem um considerável esforço e tempo para as funções que envolvem armazenamento, extracção e análise de dados [13; 14]. No entanto, algumas empresas continuam a usar registos manuais devido principalmente à sua facilidade de implementação e reduzido custo [15].

Os CMMS são os sistemas de informação mais utilizados para gerir registos de falha [16]. Swanson [17] identificou no seu inquérito que 60% das empresas utilizam um CMMS para suportar a gestão da sua manutenção. Apesar dos CMMS terem demonstrado um grande número de benefícios, tais como aumento de produtividade, redução de custos de manutenção e melhor utilização de recursos [18], existem algumas deficiências relativamente ao registo de falhas que necessitam de ser ultrapassadas. As empresas que fornecem CMMS reportam frequentemente que a maioria dos seus clientes utiliza menos de metade do potencial da informação que recolhem [19]. Cato e Mobley [20] afirmam mesmo que a taxa de utilização global dos CMMS ronda os 9%. Algumas explicações avançadas para explicar este facto incluem: (i) a falta de dados introduzidos no sistema, (ii) a complexidade da maioria dos sistemas, e (iii) a exigência de elevado treino para os utilizadores [20].

De acordo com Cato e Mobley [20], os campos de dados que descrevem *o que foi encontrado* e *o que foi feito* quando as falhas ocorrem, não fazem parte dos principais módulos normalmente incluídos nos CMMS. No entanto, existem alguns CMMS, que fazem registo de tipos específicos de informação sobre falhas, tais como (i) a natureza do problema, (ii) a localização da falha, (iii) as causas e os efeitos da falha, e (iv) as acções para corrigir a falha. Esta informação é principalmente utilizada para avaliar tendências de modos de falha e para produzir informação que preveja falhas e avalie custos [20], sendo raramente utilizada para assistir a reparação das falhas (manutenção correctiva). Wireman [14] argumenta que o principal objectivo dos CMMS é reduzir o tempo de quebra de produção através da prevenção de falhas, podendo concluir-se que a maioria dos actuais CMMS são projectados principalmente para assistir a manutenção preventiva, sendo portanto pouco direccionados para apoiar a manutenção correctiva. A reduzida taxa de utilização destes sistemas por técnicos de manutenção indicada no estudo de Swanson [17] suporta este argumento. No entanto, este mesmo estudo mostra também que 40% de todo o trabalho de manutenção é despendido com tarefas não programadas, isto é, manutenção correctiva. De onde se conclui que os actuais CMMS deverão evoluir no sentido de prestar mais assistência à manutenção correctiva. Como tal, neste artigo sugere-se o desenvolvimento de um modelo para classificar registos de falha. Este modelo tem como objectivo facilitar o acesso a informação sobre falhas que ocorreram no passado (informação sobre a forma como as falhas foram diagnosticadas e solucionadas, registos de análise de falhas, etc.), de modo a facilitar o diagnóstico e reparação de falhas futuras.

Aquisição de registo de falhas. A maioria das actuais actividades de manutenção dependem de registos de falha. Uma das razões de insucesso de algumas destas actividades é precisamente a falta de dados sobre falhas. No entanto, o inverso também se verifica, isto é, apesar dos registos de falha estarem disponíveis, não são utilizados de modo eficiente nas actividades de manutenção [7].

As dificuldades registadas na aquisição de dados e a eficiência da manutenção preventiva são algumas das razões típicas para a falta de dados sobre falhas [12]. Kelly [13] afirma que a dificuldade com os sistemas computadorizados normalmente não se prende com o processamento, mas sim com a aquisição de dados. A informação contida nas bases de dados é tipicamente introduzida manualmente ou extraída de sistemas de monitorização utilizados na produção ou na qualidade. De acordo com Nutt [15], dois terços das empresas inquiridas por ele usam relatórios de serviço (ou ordens de trabalho) para recolher dados de falha. A estratégia de aquisição mais comum é utilizar relatórios de serviço preenchidos manualmente (papel) por técnicos de manutenção, os quais são posteriormente analisados e introduzidos no sistema por preparadores [15]. No entanto, este processo é fastidioso e moroso [20]. Outra estratégia é recorrer aos técnicos de manutenção para introduzir directamente a informação no sistema. Mas, de acordo com Jones [21], os técnicos de manutenção normalmente não têm disponibilidade, nem motivação, para efectuar tal tarefa e muitos outros têm receio de utilizar sistemas computadorizados. Kelly [13] refere que a melhor estratégia de aquisição é utilizar os técnicos de manutenção, aos quais devem ser fornecidos formulários o mais simples possível e um software com um interface *amigável*, assim como registar apenas a informação estritamente necessária. Juliao e Greenough [22] sugerem a criação de um formato comum para caracterizar e identificar falhas que beneficiará a aquisição de informação sobre falhas de duas formas. Primeiro, o processo de aquisição será facilitado pelo estabelecimento de procedimentos standard de aquisição. Segundo, um formato comum para representar registos de falha permitirá a troca de informação entre diferentes organizações, diminuindo assim a necessidade de aquisição de dados de cada uma delas.

Nesta secção foi apresentada uma proposta para otimizar os tempos de paragem baseada no melhoramento dos sistemas de documentação de apoio à manutenção, em particular dos documentos relativos a registos de falha. Foram ainda apresentados resultados de uma pesquisa bibliográfica que permitiram caracterizar alguns dos actuais problemas referentes à gestão dos registos de falha. Na próxima secção, são apresentados resultados de um caso de estudo exploratório, com vista complementar os resultados da revisão bibliográfica.

3. CASO DE ESTUDO

Metodologia. Os resultados apresentados neste artigo são parte de um caso de estudo acerca de informação sobre falhas. O caso de estudo basea-se principalmente num questionário a especialistas em manutenção e em entrevistas a fabricantes de equipamento. O questionário foi enviado a 100 empresas do Reino Unido e a outras tantas de Portugal. O mesmo questionário foi usado por correio electrónico através do “*Plant Maintenance Center Website*”, e também utilizado num curso intensivo para gestores de manutenção que decorreu na Austrália. Neste artigo são apresentados os resultados da análise de 117 respostas válidas ao questionário. Cerca de 80% das respostas foram obtidas de empresas em Portugal, Reino Unido e Austrália. O resultado da análise individual por nacionalidade não evidenciou correlações, pelo que neste artigo são apresentados os resultados globais. As empresas que responderam ao questionário representam uma vasta gama de tipos de indústria, no entanto amostras mais significativas foram obtidas das indústrias automóvel, mineira e alimentar. A maioria das respostas foram obtidas de gestores e supervisores de manutenção, e quase metade das empresas que responderam afirmaram fazer registos de falha há mais de seis anos, o que evidencia a sua experiência. Todas as entrevistas a fabricantes de equipamento foram efectuadas em empresas do Reino Unido. Parte dos resultados das sete entrevistas, são sumariados neste artigo e visam complementar os resultados do questionário.

Resultados do questionário. Os principais objectivos do questionário foram: (i) analisar a utilização dos registos de falha na assistência à função manutenção, (ii) identificar as actuais tendências de gestão de registos de falha, e (iii) analisar a relação entre utilizadores e fabricantes de equipamento relativamente à assistência de manutenção.

Os registos de falha é uma das principais actividades da função manutenção na maioria das empresas. O estudo mostrou que 82% das empresas que responderam ao inquérito efectuam registos de falha, e que a maioria (64%) classifica os registos de falha como muito importantes para assistir a função manutenção. As finalidades mais comuns invocadas para realizar os registos de falha foram: (i) para programar e

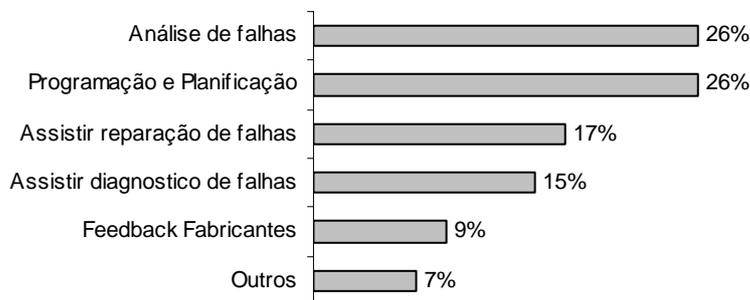


Fig. 2. Razões para realizar registos de falha.

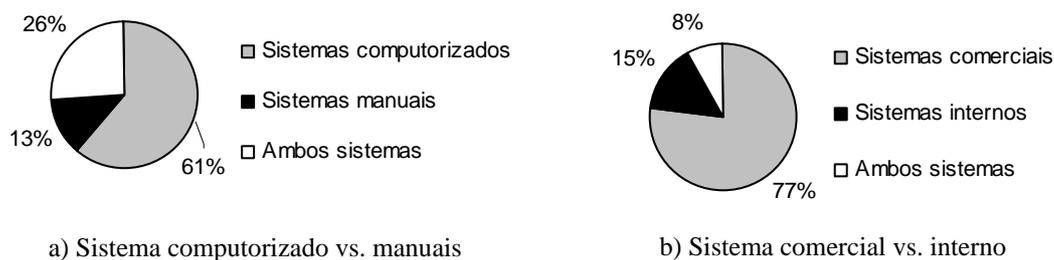


Fig. 3. Métodos usados para gerir registos de falha.

planificar a manutenção, e (ii) para efectuar análise de falhas (Fig. 2). Por outro lado, as empresas que não fazem registos de falha (18%) indicaram que a principal razão para esse facto é o seu sistema de gestão de manutenção não suportar o registos de falha.

Como já referido, os métodos utilizados na gestão de registos de falha (recolha e armazenamento) são tradicionalmente classificados como sistemas manuais e sistemas computadorizados. Um dos objectivos do inquérito foi avaliar qual dos métodos é mais utilizado actualmente. O inquérito revelou que a maioria das empresas (61%) usam apenas um sistema computadorizado, e que em 26% das empresas ambos os métodos coexistem (Fig. 3a). Além disso, os sistemas computadorizados mais utilizados são as soluções comerciais disponíveis no mercado; apenas 15% das empresas inquiridas desenvolveram internamente os seus programas (Fig. 3b). O inquérito revelou ainda que 70% das empresas, quer usem registos manuais ou computadorizados, utilizam um sistema de classificação de falhas para otimizar a gestão dos registos de falha.

A revisão bibliográfica mostrou que os utilizadores dos CMMS não utilizam uma grande parte dos dados sobre falhas que recolhem. Uma possível razão para o esse facto é que os actuais CMMS recolhem mais dados do que aqueles que são estritamente necessários. O inquérito mostrou que quase metade das empresas (47%) que responderam não usam qualquer critério para seleccionar as falhas que necessitam de ser registadas, e registam todo o tipo de falhas que ocorrem. Outra razão para a não utilização de todos os dados introduzidos no sistema é a dificuldade em extrair informação do sistema de gestão do registo de falhas. A maioria das empresas inquiridas classificaram o seu sistema de informação para armazenar os registos de falha como pobres no que diz respeito à extracção de informação. O inquérito revelou ainda que os sistemas de gestão de falhas são maioritariamente utilizados por engenheiros e supervisores. Foi apurado também que os técnicos de manutenção raramente recorrem a registos escritos sobre falhas. Apenas 10% das empresas afirma que os seus técnicos de manutenção normalmente utilizam este tipo de registo, o que se deve principalmente ao facto destes sistemas não serem projectados para assistir a manutenção correctiva.

A maior parte das empresas inquiridas (70%) afirmaram que trocam informação relativa a registos de

falha com os fornecedores de equipamento. No entanto, quando questionadas sobre a relação entre as duas entidades, no que concerne à assistência de manutenção, a maioria das empresas tem uma opinião indefinida, classificando-a de “nem boa nem má”. Uma forma de melhorar o fluxo de informação entre as duas entidades seria através da criação de uma base de dados conjunta. Esta base de dados seria gerida pelo fornecedor do equipamento e constituída por registos de falha de vários utilizadores. Assim, as empresas foram igualmente questionadas sobre a utilidade da referida base de dados, e se contribuiriam com os seus dados para a mesma. De todas as empresas inquiridas, a média respondeu que tal base de dados seria útil para a sua organização, e 80% das empresas afirmaram que contribuiria com os seus registos de falha.

Resultados das entrevistas. Os principais objectivos das entrevistas foram: (i) analisar como os registos de falha são geridos pelos fornecedores de equipamento, (ii) avaliar a relação entre fornecedores e utilizadores, na perspectiva dos fornecedores, e (iii) avaliar a importância dos registos de falha para os fornecedores de equipamento. Todas as entrevistas foram efectuadas a fornecedores de equipamento que prestam assistência de manutenção aos seus clientes. Neste artigo são apresentados os principais resultados no que concerne à gestão de informação sobre falhas.

Os registos de falha não são apenas uma característica dos utilizadores de equipamentos mas também dos fornecedores. A maioria dos fornecedores entrevistados (57%) fazem registos de falha dos seus equipamentos, às quais é prestada assistência de manutenção, e utilizam um sistema computadorizado para fazer a sua gestão. Os principais objectivos destes registos são: (i) melhorar a fiabilidade dos seus equipamentos, (ii) prestar um melhor serviço ao cliente, e (iii) facilitar futura assistência. A larga maioria (86%) dos fornecedores afirmaram que o *feedback* do registo de falhas dos seus clientes é muito importante para o serviço que prestam e para a optimização dos seus equipamentos, nomeadamente a fiabilidade. A maior parte (72%) dos inquiridos classificaram a relação com os seus clientes de muito boa, no que concerne à assistência de manutenção. Em relação à dificuldade em obter dos seus clientes registos de falhas, a maioria referiu que é relativamente fácil. Finalmente, no que respeita à criação de uma base de dados global (com registos de todos os seus clientes), a maioria dos entrevistados classificam-na como potencialmente útil, e que contribuiriam para a sua criação.

Quer os resultados da revisão bibliográfica quer os do caso de estudo evidenciam a necessidade de optimizar a gestão dos registos de falha. Em particular é argumentado que facilitando o acesso a registos de falha, os técnicos de manutenção potencialmente desempenharão as acções correctivas de modo mais eficiente. Permitindo assim uma redução nos tempos de intervenção, e consequente diminuição dos tempos de paragem. A próxima secção apresenta uma proposta para a classificação dos registos de falha, que visa precisamente o melhoramento da gestão dos registos de falha e consequente acesso.

4. MÉTODO PARA CLASSIFICAR REGISTOS DE FALHA

A pesquisa bibliográfica e o caso de estudo mostraram que os registos de falha poderão ser utilizados para melhorar o serviço de manutenção. Nesta secção descreve-se o modo como os registos de falha poderão reduzir os tempos de paragem.

Sistema. A maioria das organizações geralmente possui registos de falha no seu histórico, quer sejam manuais ou computadorizados. A informação sobre falha contida em cada registo geralmente difere de organização para organização, depende do tipo de manutenção aplicada ao equipamento, e pode mesmo até depender de falha para falha, conforme a sua complexidade. Esta informação poderá incluir desde uma simples descrição de como a falha foi diagnosticada e reparada, até informação mais detalhada como por exemplo registo de análise de falha. Por outro lado, todos os registos de falha contêm um campo comum destinado a descrever a falha (ou problema), que permite identificar cada registo (Fig. 4). Assim, quando um utilizador pretende aceder a informação sobre uma determinada falha é obrigado a ler várias descrições de falha até encontrar a informação desejada. Este processo é muito fastidioso e moroso o que inibe a utilização destes registos quando ocorrerem falhas. Neste artigo é proposto um método para classificar registos de falha baseado nos atributos falha e do equipamento onde esta ocorre, que tem como objectivo facilitar o acesso a informação sobre falhas ocorridas.

A descrição da falha indicada em cada registo é constituída por uma síntese do que os sentidos do

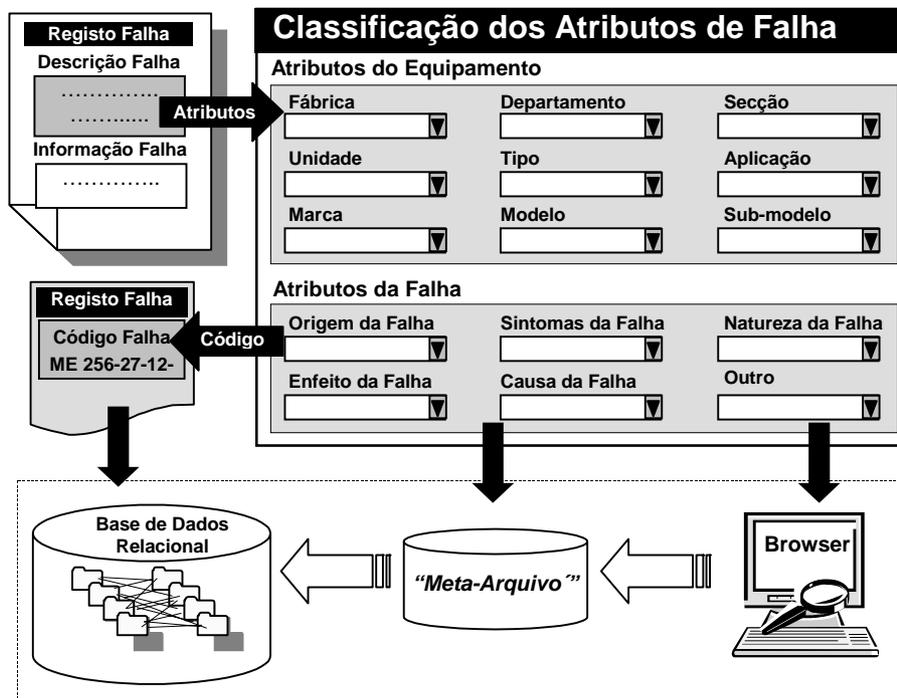


Fig. 4. Método para classificar registos de falha.

técnico de manutenção observaram quando ocorreu a falha. Desta descrição é possível extrair as principais características responsáveis pela identificação das falhas e formar categorias de atributos de falha (Fig. 4). Uma vez definidas estas categorias, todas as falhas poderão ser classificadas de acordo com um modelo (ou estrutura) comum, e assim classificar cada registo por tipo de falha, baseado nas suas semelhanças. Isto permitirá a criação de grupos de registos de falha do mesmo tipo. A integração destes grupos numa base de dados relacional permitirá o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão capaz de assistir técnicos de manutenção durante as actividades de manutenção correctiva. Cada registo de falha será então definido por um “meta-arquivo” (*metafile*) de acordo com os atributos da falha, que permite estabelecer a relação entre os vários documentos associados a cada falha. O conjunto dos vários “meta-arquivos” permite estabelecer a ligação entre os documentos contidos na base de dados relacional e um motor de busca para pesquisar informação (Fig. 4). Assim, quando um operador é confrontado com uma falha para a qual necessita de apoio, poderá consultar o sistema e verificar se ocorreram no passado falhas semelhantes, e analisar como é que foram diagnosticadas e reparadas. Para isso, ele terá de introduzir os atributos da falha actual, ao qual o sistema responderá com a apresentação de alguns relatórios de falhas semelhantes.

Definição da estrutura de classificação. Como explicado anteriormente, a definição da estrutura de classificação é baseada nos atributos da descrição da falha. Em relação à identificação das falhas, dois tipos de atributos podem ser distinguidos, são eles os atributos do equipamento e os atributos da falha (Fig. 4). Os primeiros atributos identificam o equipamento e a sua localização física, enquanto os segundos atributos caracterizam a falha em si (por exemplo sintomas da falha). É de salientar que a maioria dos actuais sistemas de informação aplicados à manutenção utilizam apenas os atributos do equipamento para pesquisar os registos de falha, e tradicionalmente não permitem pesquisas através de atributos de falha. No entanto, entrevistas a técnicos de manutenção e análises de registos de falha de várias organizações mostraram que os atributos de falha deverão ser também utilizados para categorizar registos de falha, como complemento dos atributos do equipamento. Isto porque a utilização dos atributos de falha permite refinar as pesquisas, o que é tanto mais importante quanto maior for o número de registos por equipamento. Ainda porque a utilização de atributos de falha permitem definir associações que possibilitam extrair da base de dados experiências de falha de equipamento similar. Por exemplo, quando

Tab.1: Definição das categorias de atributos de falha.

Categoria	Definição
<i>Origem da falha</i>	Localização da falha no equipamento; nível mais baixo ao qual a falha pode ser associada.
<i>Sintomas da falha</i>	Descrição do que a falha exibiu; descrição do que foi detectado pelos sentidos humanos, i.e. o que foi observado, ouvido, sentido, etc. (ex. vibração, ruído). Também designado na literatura de fiabilidade como modo de falha.
<i>Natureza da falha</i>	Descrição da origem da falha (ex. falha mecânica, eléctrica, etc.).
<i>Efeitos da falha</i>	Consequências da falha em termos de operação e função (ex. motor X parou).
<i>Causa de falha</i>	Circunstância durante o projecto, transformação ou uso que conduzem a falha.

um técnico é confrontado com uma nova falha numa determinada bomba, para a qual não exista registos de falha, ele poderá pesquisar em outras bombas que apresentaram problemas semelhantes. Este estudo permitiu ainda concluir que a classificação dos registos de falha deverá reflectir o modo como os operadores de manutenção descrevem as falhas. Isto é, os técnicos de manutenção tradicionalmente reportam o que *viram* e o que *sentiram* quando solicitados a descrever determinada falha. Assim sendo, os atributos de falha representam um modo mais “*natural*” para caracterizar falhas, os quais potencialmente facilitarão o acesso a registos de falha por parte dos técnicos de manutenção.

Os atributos do equipamento permitem identificar a localização física do equipamento, i.e. identificar onde a falha ocorreu, e poderão ser classificados seguindo as recomendações indicadas por normas e as indicadas por utilizadores. A classificação de equipamento tem sido extensivamente abordada na literatura, por exemplo [23; 24], e a maioria das organizações já tem implementada uma estrutura para identificar equipamentos. No entanto, segundo os técnicos de manutenção, os atributos do equipamento devem representar categorias independentes, por forma a proporcionar suficiente flexibilidade de pesquisa.

Em relação aos atributos de falha, da pesquisa bibliográfica foram identificadas cinco categorias principais para caracterizar falhas de equipamento: origem da falha, sintomas da falha, natureza da falha, efeitos da falha, e causa da falha [4; 12; 13; 23; 25] (Tab. 1). Por forma a analisar os requisitos dos utilizadores e testar as categorias evidenciadas pela literatura, foram conduzidas entrevistas a engenheiros e técnicos de manutenção, assim como analisados uma vasta gama de registos de falha.

A origem, os sintomas e a natureza da falha foram os atributos de falha mais evidenciados pelos técnicos de manutenção. Estas categorias reflectem o modo como os técnicos descrevem as falhas, i.e. além de indicarem a localização precisa da falha no equipamento, permitem também que as falhas sejam classificadas de acordo como eles *vêm* e *sentem* as falhas, tornado o seu acesso mais intuitivo. A análise dos registos de falha, efectuados pelos técnicos de manutenção, confirmaram esta tendência. De salientar também que os técnicos de manutenção afirmaram recorrer aos registos de falha principalmente para identificar como falhas passadas foram diagnosticadas e solucionadas. Por outro lado, os engenheiros de manutenção tendem a utilizar mais os registos de falha para efectuar análises de falha e de fiabilidade, e para assistir o planeamento. Pode concluir-se que este é o motivo pelo qual os engenheiros acham que os atributos mais importantes para classificar falhas sejam os efeitos e as causas falha. Como o sistema proposto neste artigo visa sobretudo assistir os técnicos de manutenção durante as intervenções correctivas, é mais importante que a classificação reflecta o modo como estes descrevem as falhas e a utilização que fazem do sistema.

5. CONCLUSÕES

A generalidade das estratégias e técnicas de manutenção que têm sido desenvolvidas mostram uma clara tendência para a prevenção de falhas. No entanto, a ocorrência de falhas é inevitável, e como tal as operações de manutenção correctiva continuam a ter um peso significativo nas actividades de manutenção. Todavia, pouco desenvolvimento tem ocorrido no sentido da criação de novas estratégias e ferramentas para assistir a manutenção correctiva. Nesse sentido, o artigo apresenta uma proposta para a redução dos tempos de paragem baseado na diminuição dos tempos de intervenção correctiva. É sugerido que uma forma de diminuir os tempos de intervenção é facilitar aos técnicos de manutenção o acesso a registos de falha. Actualmente a maioria das organizações gere os seus registos de falha através de métodos computadorizados, sendo os CMMS os sistemas mais utilizados. No entanto, a taxa de utilização destes sistemas é muito baixa, principalmente por parte dos técnicos de manutenção. O artigo mostra também que os actuais CMMS são pouco direccionados para assistir a manutenção correctiva. Como tal, o artigo sugere um modelo para classificar registos de falha, que tem como objectivo facilitar aos técnicos de manutenção o acesso a informação sobre como falhas passadas foram diagnosticadas e reparadas, por forma a que estas possam tornar as intervenções correctivas mais eficientes. O modelo apresentado resulta de uma investigação preliminar, futuras publicação irão detalhar a construção do modelo em si, assim como a apresentação de resultados do sistema aplicado em contexto real.

REFERÊNCIAS

- [1] S.O. Duffuaa , A. Raouf e J.D. Campbell, *Planning and control of maintenance systems: modelling and analysis*, John Wiley & Sons, New York, USA (1999).
- [2] T. Hill, *Manufacturing Strategy: the strategic management of the manufacturing function*, MacMillan Press, Ltd, London, UK (1993).
- [3] J. Gilbert e B. Finch, “Maintenance management: keeping up with production's changing trends and technologies“, *Journal of Operations Management*, **6**, 1-12 (1985).
- [4] M.A. Moss, *Designing for minimal maintenance expense*, Marcel Dekker, New York, USA (1985).
- [5] B. Finch e J. Gilbert, “Developing maintenance craft labour efficiency through an integrated planning and control system: a perspective model“, *Journal of Operations Management*, **6** (4), 449-459 (1986).
- [6] J. Ashayeri, A. Teelen, e W. Selen, “A production and maintenance planning model for the process industry“, *International Journal of Production Research*, **34** (12), 3311-3326 (1996).
- [7] S. Takata, Y. Inoue, T. Kohda, H. Hiraoka, e H. Asama, “Maintenance data management system“, *Proceedings of the 49th General Assembly of CIRP Annals 1999 Manufacturing Technology*, Montreux, Switzerland, ISTP, **48**, 389-392 (1999).
- [8] R.K. Mobley, *Root cause failure analysis*, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK (1999).
- [9] H. Lofsten, “Management of industrial maintenance: economic evaluation of maintenance policies“, *International Journal of Operations & Production Management*, **19** (7), 716-737 (1999).
- [10] A.W. Labib, R.F. O'Connor, e G.B. Williams, “An effective maintenance system using the analytic hierarchy process“, *Integrated Manufacturing Systems*, **9** (2), 87-98 (1998).
- [11] D. Sherwin, “A review of overall models for maintenance management“, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, **6** (6), 138-164 (2000).
- [12] J. Moubray, *Reliability-centred maintenance*, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK (1997).
- [13] A. Kelly, *Maintenance: organisation & systems*, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK (1997).
- [14] T. Wireman, *Computerized maintenance management systems*, Industrial Press Inc., New York, USA (1994).
- [15] M. Nutt, “A survey of machine toll downtime“, MSc Thesis, Cranfield University, UK (2001).
- [16] A.H. Tombari, “Designing a maintenance system“, *Production and Inventory Management Journal*, **23** (4), 138-147 (1982).
- [17] L. Swanson, “Computerise maintenance management systems: a study of systems design and use“, *Production and Inventory Management Journal*, **2nd quarter**, 11-15 (1997).
- [18] K. Bagadia, *Microcomputer-aided maintenance management*, Marcel Dekker, New York, USA (1987).

- [19] S. Haugham, e C. Stirrman, “Computerised asset management: the cornerstone of total productive maintenance“, *Maintenance Technology*, **9**, 21-34 (1996).
- [20] W.W. Cato e R.K. Mobley, *Computer-management maintenance systems in process plants*, Gulf Publishing Company, Texas, USA (1999).
- [21] R. Jones, “Computer-aided maintenance management systems“, *Computing & Control Engineering Journal*, **5** (4), 189-192 (1994).
- [22] J. Juliao and R. Greenough, “Classification and coding system for machine tool failures (part II)“, *Maintenance & Asset Management*, **18** (1/2), 22-26 (2003).
- [23] BS ISO 14224, “Petroleum and natural gas industries: collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment“, British Standards Institution, UK (1999).
- [24] BS EN 61346-1, “Industrial systems, installations and equipment and industrial products: structuring principles and reference designations“, British Standards Institution, UK (1996).
- [25] BS 5760-5, “Reliability of systems, equipment and components: guide to failure modes, effects and criticality analysis (FMEA and FMECA)“, British Standards Institution, UK (1991).

PROPOSAL FOR DOWNTIME REDUCTION USING FAILURE RECORDS

Abstract – Existing studies of downtime reduction traditionally rely on the prevention of failures. These studies have undoubtedly made a significant contribution towards downtime reduction, although it is impossible to predict and prevent all failures. This paper suggests an approach based on failure records management to minimise downtime by reducing the failure troubleshooting time. It suggests that providing maintainers with easy access to detailed information about previous failures experiences (failure records) should make troubleshooting more effective and efficient. Therefore, this paper proposes the development of a model to classify previous failure records. This will allow a decision support system to be designed that will assist corrective maintenance, in particular that is carried out by maintainers. The results from both literature and industrial surveys are also presented, which helps to provide an overview of how companies currently manage information relating to failures. The literature survey focuses on the methods and use of failure information, and shows some of the current deficiencies. The industrial survey presents the results of a case study to maintenance experts, and aims to complement the results from literature.

Keywords – Maintenance, downtime reduction, failure records management.

