

## Manutenção Inteligente em Cenário de Indústria 4.0

### 1 Produto

A empresa 4dotZERO tem Áreas de Produção (arPRO) que executam processos em que são usadas máquinas com capacidade de reporte de dados úteis para detecção de avarias ou manutenção dessas máquinas<sup>1</sup>.

O 4MNU é um produto interno da 4dotZERO para garantir a manutenção reativa ou preditiva dessas máquinas, que usa a aplicação appMNG para intermediação das interações de coordenação entre máquinas, funcionários e outros serviços, e gestão dos dados relacionados.

### 2 Funcionários

Considerando a sua relevância para o 4MNU, a 4dotZero tem a seguinte estrutura orgânica e funcionários:

- Um Departamento de Recursos Humanos (DRH), dirigido pelo Diretor Financeiro da 4dotZERO (CFO);
- Um Departamento Técnico (DTC), que tem um Diretor Técnico (CTO);
- Um Departamento de Produção (DPR), que tem um Diretor de Produção (CPO) e gestores de produção (gePRO) responsáveis cada um por uma ou mais arPRO.

O DTC tem uma unidade de gestão (ugTEC), uma unidade de análise (uaTEC), e unidade de intervenção (uiTEC).

Há funcionários técnicos, contratados pelo DRH após seleção conjunta pelo CTO, CPO e CFO.

Os funcionários técnicos desempenham funções numa das unidades do DTC ao longo do tempo consoante as necessidades, ocorrendo isso na uiTEC em equipas de intervenção (eINT).

### 3 Máquinas

Cada máquina tem unidades de três tipos: uma unidade de energia (U\_PWR), uma ou mais unidades funcionais (U\_FUN) e uma unidade de controlo (U\_CTR), comunicando todas entre si por de um barramento de dados (B\_DATA).

A U\_CTR tem um módulo para comunicação com o exterior (M\_COM), que usa tecnologia “Internet Protocol” (IP) sobre 5G, tem um módulo de geolocalização Galileo<sup>2</sup> (M\_GEO), e tem uma aplicação de controlo (appCTR).

A appCTR envia à appMNG, com uma frequência predefinida para cada máquina, uma mensagem com dados de estado, o que inclui dados de todas as unidades e a localização geográfica da máquina.

A U\_PWR tem uma ou mais baterias elétricas recarregáveis, e um módulo M\_BMS<sup>3</sup> que gere o fornecimento de energia a todas as outras unidades por um barramento de energia (B\_PWR), e gere o carregamento das baterias em pontos de carregamento.

### 4 Informação

Cada máquina tem um endereço de IP (Internet Protocol) e está associada a dois serviços “twin”<sup>4</sup> (TWIN), um para a U\_PWR e outro para todas as U\_FUN.

Para cada nova máquina a ugTEC regista na appMNG:

- O endereço de IP para essa máquina;
- O ficheiro executável da appCTR;
- O intervalo de tempo máximo que se espera entre dois envios por essa máquina dos seus dados de estado;
- O serviço TWIN da U\_PWR;
- O serviço TWIN das U\_FUN;
- A percentagem de carga mínima das baterias que, se atingida, significa a U\_PWR em risco de avaria.

A ugTEC regista na appMNG quando uma máquina se torna obsoleta, ficando a partir daí a máquina indisponível para novas reservas.

Se há uso em curso ou reservas futuras para uma máquina tornada obsoleta, a máquina fica indisponível para mais reservas, mas as já existentes são mantidas.

A ugTEC mantém atualizada na appMNG uma lista de localização dos pontos de carregamento das baterias.

A appMNG informa todas as máquinas e todos os TWIN sempre que a lista dos pontos de carregamento é alterada.

~~A appMNG informa de imediato a ugTEC sobre qualquer máquina com U\_PWR em risco de avaria.~~

A ugTEC atualiza na appMNG, para cada máquina, o ficheiro executável mais recente da appCTR.

### 5 Eventos

A appMNG envia os dados de cada U\_PWR e U\_FUN ao respetivo serviço TWIN assim que os recebe, ao que o TWIN responde confirmando a receção dos dados.

A appMNG repete o envio dos dados ao TWIN enquanto esse não responder com a confirmação dentro de um intervalo de tempo, o qual é definido para cada TWIN.

A appMNG gera, em consequência do que é informada ou do que conclui da sua análise, os seguintes tipos de eventos de início de execução do processo de manutenção:

- ugTEC atualiza na appMNG, nova versão do ficheiro executável da appCTR.
- TWIN de U\_FUN avisa de avaria identificada;
- TWIN de U\_PWR avisa de impossibilidade de se atingir um ponto de carregamento das baterias por distância excedida;
- Avaria inferida pela appMNG, porque a máquina não reportou dados de estado dentro do intervalo de tempo máximo para tal definido, e também não existe nenhum plnINT para essa máquina.

<sup>1</sup> <https://www.uesystems.com/the-4-basic-maintenance-modes>

<sup>2</sup> <https://www.euspa.europa.eu/european-space/galileo/What-Galileo>

<sup>3</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Battery\\_management\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_management_system)

<sup>4</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_twin](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_twin)

## 6 Manutenção

No início de cada execução do processo de manutenção, a uaTEC faz uma análise e decide se prossegue ou se faz um relatório de fecho (relEND) e a execução termina sem qualquer intervenção na máquina.

Se a execução prossegue, a uaTEC envia as notas de análise à ugTEC para esta fazer um plano de intervenção (plnINT) que é executado por uma eINT.

A eINT desliga a máquina manualmente no início da intervenção, e liga-a no fim se a intervenção tem sucesso.

A appCTR informa a appMNG quando uma máquina é desligada manualmente ou quando é ligada manualmente.

Até terminar, a eINT vai registando num relatório de intervenção (relINT) ações que faz durante a mesma, o que a uaTEC analisa quando a intervenção for dada por terminada.

Se o relINT reporta sucesso, a uaTEC faz um relatório de fecho e a execução do processo termina.

Se o relINT reporta insucesso, a uaTEC decide se:

- A ugTEC refaz o plnINT e a execução do processo prossegue segundo essa nova versão do plano;
- Ou se faz um relEND e a execução do processo termina, caso em que decide também se a appMNG volta a gerar o mesmo evento e se inicia nova execução do processo.

Se é feito um plnINT para uma máquina que tem já uma execução do processo a decorrer, essa execução termina, o seu plnINT é cancelado, e se a intervenção já estiver a decorrer, é também cancelada e a uaTEC faz um relEND.

Se a eINT não termina a intervenção até às 17:00, essa intervenção é interrompida e retomada no dia seguinte às 09:00, exceto se a máquina estava a ser usada por alguma arPRO quando o evento de início da execução do processo foi gerado, caso em que a intervenção continua até terminar ou ser cancelada.

Cada gePRO reserva na appMNG cada intervalo de tempo em que uma arPRO sua irá utilizar uma máquina.

Cada reserva de uma máquina é definitiva, não sendo nunca alterada.

## 7 Intervenções

Quando um plnINT fica pronto para ser executado, a appMNG atribui-o à próxima eINT que ficar disponível.

Quando uma eINT fica disponível, a appMNG seleciona um plnINT dos disponíveis, dando primeiro prioridade aos das máquinas nesse momento em uso por alguma arPRO e depois aos das máquinas com uso previsto nas próximas 24h, e aplicando depois esta ordem de prioridades:

- 1 - Impossibilidade de carregar as baterias;
- 2 - Avaria identificada nalguma unidade;
- 3 - Avaria inferida;
- 4 - Atualização de appCTR.

Se a intervenção é para atualização da appCTR, o plnINT inclui o respetivo ficheiro executável.

Se a intervenção é para reparar avaria nalguma U\_FUN, tal consistirá em substituir essa U\_FUN por outra.

## 8 Outros Interesses Não Funcionais

Os plnINT, relINT e relEND são editados ou consultados diretamente na appMNG.

Se a uaTEC tem de enviar notas de análise à ugTEC, isso é feito por correio eletrónico.

A appMNG tem uma interface em tecnologia HTML para todos os utilizadores, executa num servidor aplicacional JBoss<sup>8</sup> e tem uma base de dados em tecnologia MySQL<sup>9</sup>, ambos instalados num ambiente com capacidade de HPC<sup>10</sup>.

Uma aplicação appBCK, executando num servidor dedicado, faz com uma periodicidade predefinida o “backup” dos dados da appMNG para esse servidor.

A comunicação entre a appMNG e as máquinas é feita por mensagens normalizadas, e é intermediada pela aplicação de “message queue”<sup>11</sup> appQUE, que executa num hardware de alta disponibilidade.

A comunicação entre a appMNG e os TWIN é feita por um protocolo prtTWIN, com mensagens estruturadas que, para acesso aos dados na appMNG, transportam identificadores SFTP<sup>12</sup> URL que são resolvidos por um “SFT server handler”<sup>13</sup> em tecnologia DataPower Gateway<sup>14</sup>.

(fim do UoD)

<sup>8</sup> <https://www.jboss.org>

<sup>9</sup> <https://www.mysql.com>

<sup>10</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer>

<sup>11</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Message\\_queue](https://en.wikipedia.org/wiki/Message_queue)

<sup>12</sup> <https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ietf-secsh-filexfer-13>

<sup>13</sup> <https://www.ibm.com/docs/en/datapower-gateways/10.0.x?topic=configuration-sftp-server-handlers>

<sup>14</sup> <https://www.ibm.com/products/datapower-gateway>