

MANUTENÇÃO BASEADA EM CONDIÇÃO - FORNO ELÉTRICO A ARCO UTILIZANDO O PI SYSTEM*

Ebenezer Oliveira¹
Gabriel Mata²
Guilherme Mota Ferreira³
Wilson Alípio Corrêa Nogueira⁴

Resumo

Devido à grande quantidade de dados coletados em altas frequências de praticamente todos os seus ativos e processos, as corporações têm se esforçado em desenvolver a análise destes dados para geração de valor nas tomadas de decisões. Este contexto está diretamente relacionado à Gestão Inteligente de Ativos, que pode ser definida como a ação coordenada de uma organização para transformar dados operacionais em informação acionável e realizar valor com seus ativos. Uma das vertentes para se atingir este objetivo é a Manutenção Baseada em Condição (em inglês CBM – Condition Based Maintenance). Em resumo, CBM consiste em realizar a manutenção preventiva de um ativo orientada por informações sobre seu estado atual em detrimento à manutenção baseada em calendário. A utilização de barramentos de dados, como historiadores, ganha força nesse meio por se tratarem de ferramentas especializadas em coletar, armazenar, agregar valor e disponibilizar de forma rápida os dados aos usuários finais ou outros sistemas. Este trabalho demonstra como o sistema PI, da OSIsoft, foi utilizado na implementação de um procedimento automático para abertura de notas de Manutenção preventiva através de uma integração com o módulo específico do ERP seguida de notificações aos responsáveis técnicos, contemplando informações referentes aos problemas detectados e suas possíveis causas através de dashboards operacionais em dispositivos móveis.

Palavras-chave:Manutenção Baseada em Condição; Gestão Inteligente de Ativos; Análise de Dados, Sistema PI

CONDITION BASED MAINTENANCE - ELETRIC ARC FURNACE USING PI SYSTEM

Abstract

Due to the large amount of data collected at high frequencies from virtually all their assets and processes, corporations have been struggling to develop the analysis of this data for value generation in decision making. This context is directly related to Smart Asset Management, which can be defined as the coordinated action of an organization to transform operational data into actionable information and realize value from assets. One of the strategies to reach this goal is Condition Based Maintenance (CBM). In short, CBM consists in performing preventive maintenance of an asset driven by the information on its current state in oppose to schedule-based maintenance. The use of databanks, such as historians, become relevant in this scenario because they are tools specialized in collecting, storing, adding value and making data quickly available to end users or other systems. This work demonstrates how the OSIsoft PI System was used in the implementation of an automated procedure for opening preventive maintenance bills in the specific ERP module followed by notifications to the responsible technicians, providing information

regarding the detected problems and their possible causes through operational dashboards on mobile devices.

Keywords: Condition Based Maintenance; Smart Asset Management; Data Analytics; PI System

- ¹ *Master in Business Administration (MBA) pela Fundação Dom Cabral e Engenheiro Eletricista pela UFMG, Digital Business Integration Senior Manager, Accenture, Belo Horizonte/MG, Brasil.*
- ² *Digital Business Integration Specialist, Accenture, Belo Horizonte/MG, Brasil.*
- ³ *Engenheiro de Controle e Automação pela Universidade Federal de Minas Gerais, Software Engineering Associate Manager, Accenture, Belo Horizonte/MG, Brasil.*
- ⁴ *Master in Business Administration (MBA) pela George Washington University e Engenheiro de Controle e Automação pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Digital Business Integration Manager, Accenture, Belo Horizonte/MG, Brasil.*
- ⁵ *Formação/graduação, titulação, cargo/função, setor/departamento, Instituição de trabalho e/ou estudo, cidade, estado e país.*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Gestão Inteligente de Ativos

A Gestão de Ativos é definida pela família de normas ISO55000 como a ação coordenada de uma organização para realizar valor com seus ativos [1]. Durante todo o ciclo de vida do ativo, desde a identificação da necessidade até o descomissionamento, é de interesse da organização maximizar o rendimento tendo em vista o menor custo e os riscos associados.

A Gestão Inteligente de Ativos é o processo de transformar dados operacionais de tempo real em informação acionável [2].

O sucesso de qualquer estratégia de Gestão Inteligente de Ativos, portanto, depende da capacidade de coletar dados precisos e confiáveis. A utilização desses elementos permite a implementação de indicadores de desempenho apropriados (KPI – *Key Performance Indicator*) para extrair informação que suporta a tomada de decisão.

1.2 Manutenção Baseada em Condição

A Manutenção Baseada em Condição (CBM - *Condition Based Maintenance*) é uma das estratégias de Gestão Inteligente de Ativos. Esta pode ser definida como um conjunto de processos de manutenção guiados por informação em tempo real dos ativos para assegurar que a manutenção seja realizada somente quando existir evidência de necessidade [4].

O objetivo principal do CBM é substituir a metodologia de manutenção baseada no calendário, ou seja, planejada por tempo de vida, por uma estratégia mais proativa, baseada na real condição do ativo. Alguns benefícios diretos dessa abordagem são:

- Aumento da confiabilidade;
- Aumento da disponibilidade;
- Eliminação de manutenção desnecessária;
- Extensão do ciclo de vida;
- Maximização do uso dos recursos;
- Redução de falhas.

Todos estes benefícios, por fim, contribuem para a redução de gastos com manutenção e consequentemente, redução do custo total de posse do ativo (TCO - *Total Cost of Ownership*). Ademais, benefícios como redução de falhas, aumento de confiabilidade e disponibilidade também geram ganhos no campo operacional e na qualidade da produção.

Como citado anteriormente, este tipo de metodologia depende da disponibilidade de informação sobre os ativos. Sem um sistema adequado para adquirir dados em tempo real, auxiliar na análise e criação de valor com a transformação dos dados brutos em informação de qualidade para potencializar a tomada de decisões a nível de negócio, a implementação do CBM, se torna extremamente trabalhosa, se não impraticável.

1.3 OSISOFT PI System

O PI System, sistema desenvolvido pela empresa OSISOFT, auxilia há quase 40 anos as organizações a atingirem estes objetivos. Neste trabalho demonstra-se como este

sistema exerce, de forma importante, o papel de suporte a todas as fases do ciclo de vida dos ativos, entregando benefícios substanciais.

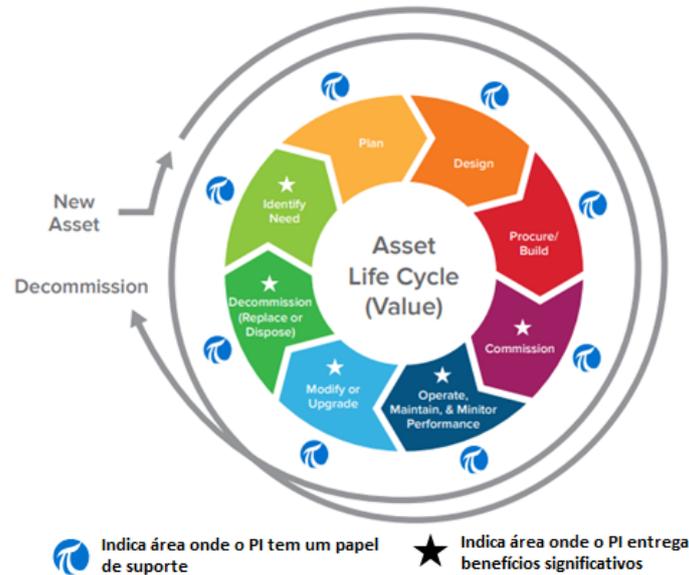


Figura 1. Ciclo de vida do ativo e o PI System.

Fonte: Chavero, Miguel. New Smart Asset Management Strategies

O PI System pode ser definido como uma infraestrutura de dados em tempo real. Em outras palavras, é um conjunto de softwares especializados em coletar, armazenar, agregar valor e disponibilizar os dados, em tempo real e histórico, aos usuários ou outros sistemas. Estes softwares podem ser compreendidos em três camadas de atuação:

- 1 Coleta;
- 2 Armazenamento e Melhoria;
- 3 Visualização e Entrega;

Como pretende-se demonstrar na figura abaixo, este conjunto de funcionalidades integram uma ferramenta poderosa, altamente configurável e escalável para atingir os objetivos do CBM.

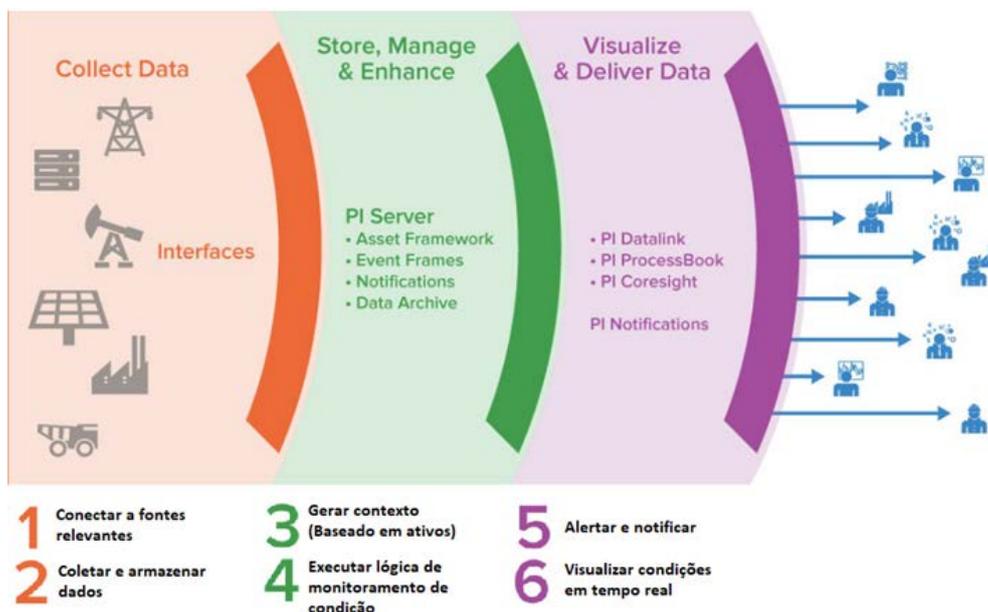


Figura 2. PI System e CBM.Fonte: <https://www.osisoft.com/corporate/power-cbm/> [3]

1.3.1 Coleta de dados

A camada de coleta de dados do PI System é composta por softwares denominados *PI Interfaces* e *PI Connectors*. Este grupo de componentes é responsável por se conectar às fontes de dados, coletar e enviar estes para o servidor principal. Existem mais de 450 tipos de interfaces e conectores [2] o que possibilita ao sistema PI a se conectar com diversas fontes de dados disponíveis.

Exemplificando, abaixo segue as interfaces que normalmente são utilizadas:

- PI Interface for OPC DA: coleta dados de servidores OPC via protocolo OPC DA, largamente utilizado na indústria (OPC - *OLE for ProcessControl* -> OLE - *ObjectLinkingandEmbedding*);
- PI Interface for Universal File and Stream Loading (UFL): coleta dados de arquivos de texto no padrão ASCII (*ASCII- American Standard Code for InformationInterchange*);
- PI Interface for Relational Database (RDBMS via ODBC): coleta dados de base de dados relacionais via SQL (RDBMS - *RelationalDatabase Management Systeme* ODBC - *Open DatabaseConnectivity*);

1.3.2 Armazenamento e geração de valor

A segunda camada do PI System é composta por dois grandes componentes: o PI Data Archive (PI DA) e o PI Asset Framework (PI AF). O PI Data Archive é responsável principalmente pelo armazenamento dos dados coletados (histórico) em forma de tags, ou *pi points*. O PI Asset Framework é o principal facilitador para geração de valor com os dados e sua transformação em informação. Esta ferramenta possibilita a contextualização das variáveis até então desconectadas no PI Data Archive.

No PI Asset Framework os dados são organizados utilizando-se basicamente elementos e atributos. Através dos elementos, é construída uma estrutura hierárquica dos ativos, representando em seu menor nível, cada equipamento e seus componentes. Já os atributos representam as variáveis históricas (tags) e os metadados dos respectivos ativos. Metadados são dados fixos que auxiliam o usuário a compreender o contexto e tomar decisões, como por exemplo, dados de placa de um equipamento, informações de área e contato do responsável, data da última manutenção, métricas de indicadores, entre outros.

Além de tags e metadados, os atributos podem conter ainda análises (cálculos) realizadas utilizando estes dados. Estas análises são realizadas pelo PI Analysis Service, que consiste em uma importante ferramenta para a geração e padronização de indicadores.

O PI Analysis também é capaz de gerar eventos automaticamente que são denominados tecnicamente de Event Frames. Como o próprio nome sugere, são janelas de eventos que marcam determinados períodos ao longo do tempo que podem ser alvos de análises posteriormente:

- Parada de um equipamento;
- Startup da planta;
- Operação fora de controle ou especificação;
- Alarme de segurança;

- Entre outros.

Estes eventos são fundamentais para a implementação do CBM, pois identificam o momento em que determinadas condições pré estabelecidas do ativo foram atingidas, facilitando a análise das causas através da correlação de variáveis. Minimiza assim o tempo de análise por parte dos usuários que não precisam pesquisar longos períodos de dados para encontrar estes eventos, fazer as devidas correlações e por fim obter o mesmo resultado.

1.3.3 Entrega e Visualização

A camada final do PI System engloba as ferramentas clientes de visualização e as tecnologias de integração com outros sistemas.

A ferramenta de notificação do sistema PI, denominada PI Notifications, que faz parte do PI AF, permite a criação de alertas via e-mail aos usuários da ocorrência de novos eventos (Event Frames). Alternativamente, este alerta pode ser enviado a outros sistemas utilizando um webservice (via protocolos SOAP ou REST).

Uma das principais ferramentas de visualização do sistema PI utilizado para este trabalho é o PI Vision, plataforma web que possibilita a criação e visualização de dashboards interativos.

2 DESENVOLVIMENTO

Como foi introduzido no capítulo anterior, este trabalho utilizou algumas das principais ferramentas do sistema PI para implementar uma metodologia de manutenção baseada em condição (CBM). Para realização deste trabalho utilizou-se como piloto um forno elétrico a arco (EAF – Eletric Arc Furnace) que pode ser considerado o coração da operação de uma usina siderúrgica.

É importante ressaltar que o foco deste trabalho, no entanto, não é o ativo em si, tampouco o processo de produção do aço e sim as tecnologias e técnicas utilizadas na implementação de um sistema automatizado de CBM.

2.1 Coleta de Dados

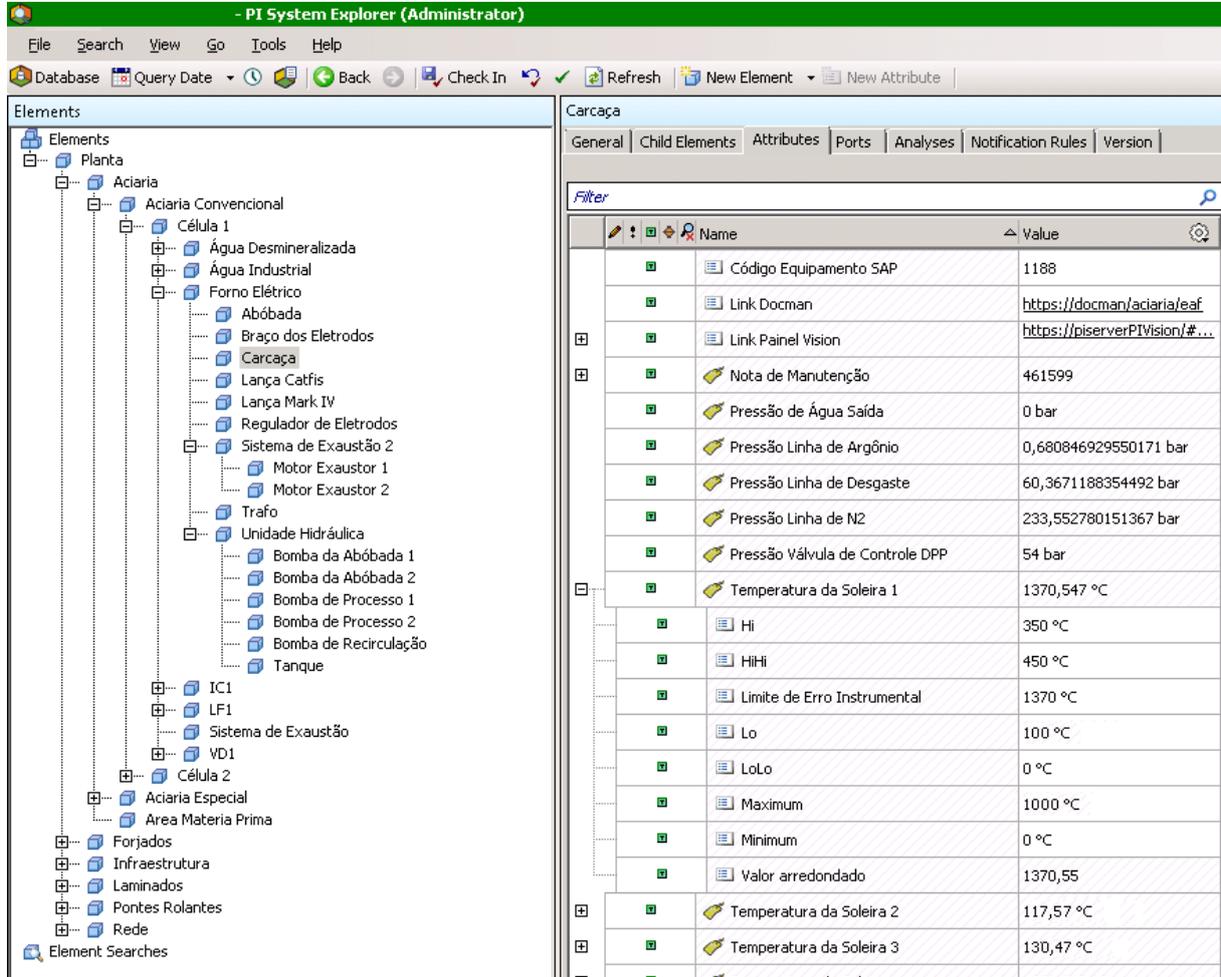
O primeiro passo para implementar um sistema de tomada de decisões baseado em dados é, obviamente, a coleta destes. Como demonstrado anteriormente, a primeira camada de funcionalidades do PI System é responsável por esta etapa, que através das interfaces, pode coletar dados a partir das diversas fontes disponíveis.

No caso deste trabalho, como o EAF é controlado por PLCs (PLC - *Programmable Logic Controller*), seus dados são acessíveis via um servidor OPC, padrão largamente utilizado na indústria. A *PI Interface for OPC DA* é a ferramenta utilizada, portanto, na coleta dos dados de interesse.

Como o sistema PI estava instalado e em operação, grande parte dos dados necessários para este trabalho já se encontravam disponibilizados. Dessa maneira, as duas primeiras etapas da implementação do CBM, as quais estão contidas na figura 2, já haviam sido atendidas.

2.2 Estrutura da Informação

Visto que os dados estavam coletados, armazenados no sistema PI e com histórico significativo, o próximo passo foi criação de uma estrutura hierárquica utilizando o PI AF para contextualização dos dados, passo 3. Neste cenário, os ativos foram representados por elementos e suas variáveis por atributos, os quais representam tanto os dados de processo coletados anteriormente, quanto o resultado de análises realizadas utilizando estes e os chamados metadados.



The screenshot shows the PI System Explorer interface. On the left, a tree view displays the hierarchy of elements under 'Planta', including 'Aciaria', 'Aciaria Convencional', 'Célula 1', and various equipment like 'Forno Elétrico', 'Lança Catfis', and 'Motor Exaustor'. On the right, the 'Carcaça' element is selected, and its attributes are displayed in a table. The table has columns for 'Name' and 'Value'.

Name	Value	
Ícone de lista	Código Equipamento SAP	1188
Ícone de lista	Link Docman	https://docman/aciaria/eaf
Ícone de lista	Link Painel Vision	https://piserverPIVision/#...
Ícone de lista	Nota de Manutenção	461599
Ícone de lista	Pressão de Água Saída	0 bar
Ícone de lista	Pressão Linha de Argônio	0,680846929550171 bar
Ícone de lista	Pressão Linha de Desgaste	60,3671188354492 bar
Ícone de lista	Pressão Linha de N2	233,552780151367 bar
Ícone de lista	Pressão Válvula de Controle DPP	54 bar
Ícone de lista	Temperatura da Soleira 1	1370,547 °C
Ícone de lista	Hi	350 °C
Ícone de lista	HiHi	450 °C
Ícone de lista	Limite de Erro Instrumental	1370 °C
Ícone de lista	Lo	100 °C
Ícone de lista	LoLo	0 °C
Ícone de lista	Maximum	1000 °C
Ícone de lista	Minimum	0 °C
Ícone de lista	Valor arredondado	1370,55
Ícone de lista	Temperatura da Soleira 2	117,57 °C
Ícone de lista	Temperatura da Soleira 3	130,47 °C

Figura 3. Estrutura AF.

Na figura 3 é possível verificar como o PI AF permitiu a contextualização dos dados armazenados ao organizá-los em uma estrutura hierárquica de processo. Cada ativo, área ou fase de produção é representado claramente através de elementos que podem ser visualizados no painel à esquerda. As características e variáveis de cada elemento são representadas por atributos no painel direito os quais dividem-se entre:

- PI points: são os atributos com um símbolo amarelo precedendo o nome, remetendo ao símbolo de etiqueta. São as variáveis coletadas no campo e armazenadas em histórico no Data Archive;
- Metadados: são os atributos com um símbolo branco precedendo o nome, remetendo ao símbolo de uma lista. São as informações que agregam valor ao contexto (limites de controle, código do equipamento, variáveis fixas, entre outras).

Dessa maneira, a correlação das variáveis e análises ficam visualmente facilitadas e contextualizadas.

2.3 Análise e Eventos

Tendo todos os dados disponíveis e organizados nesta estrutura amigável e inteligível, fica claro para o usuário como correlacioná-los para gerar indicadores que auxiliam nas tomadas de decisão. A ferramenta PI AF, através do Analysis Service, oferece uma biblioteca com funções, além dos operadores matemáticos comuns, para serem executados utilizando os atributos, gerando cálculos automáticos, em tempo real e já estruturados no contexto do elemento.

Outro tipo de análise que pode ser configurada para determinado elemento é a geração automática de eventos (Event Frames). Nestas análises, define-se a lógica que cria os gatilhos para o início e fim de cada evento. A Figura 5 apresenta uma das análises desenvolvidas neste trabalho.

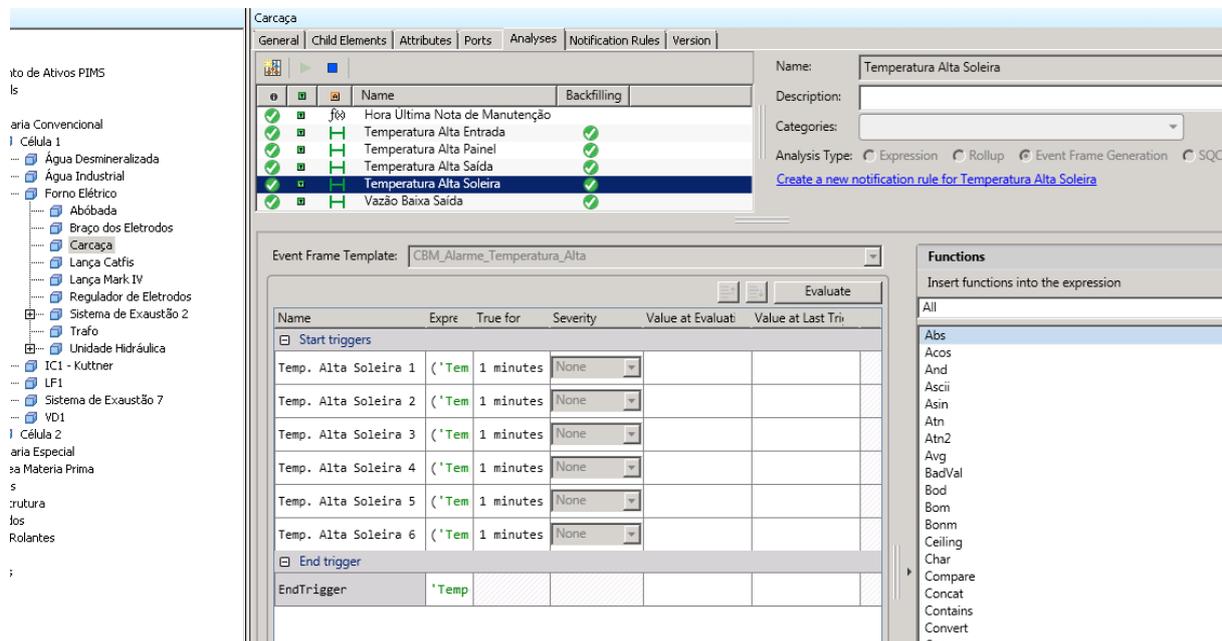


Figura 5. Exemplo de Análise do tipo “Event Frame Generation” no contexto do ativo.

Para o exemplo citado, foram configurados 6 (seis) gatilhos de início de um evento e 1 (um) gatilho de fim. Estas lógicas também podem utilizar a biblioteca de funções mencionadas anteriormente para as análises do tipo “Expression” e são realizadas sobre os atributos do elemento. A Figura 6 a seguir mostra o detalhe de um dos gatilhos criados para o evento de temperatura alta na soleira da carcaça do forno.

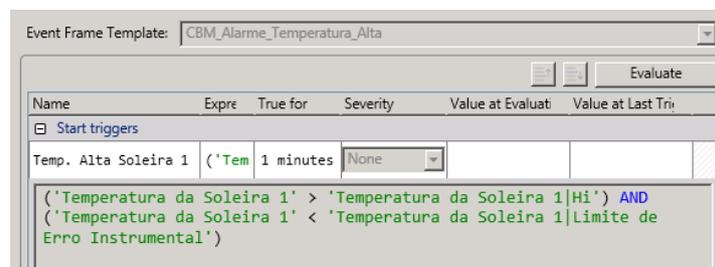
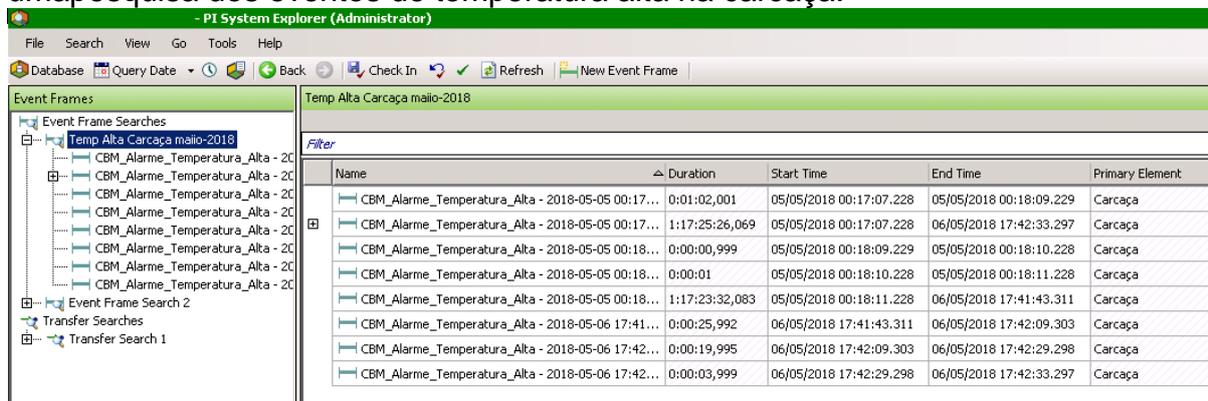


Figura 6. Detalhe de um dos gatilhos do evento de temperatura alta na soleira do forno.

Como mencionado anteriormente, a implementação dessa funcionalidade resulta em economia de horas de engenharia já que os responsáveis não precisam buscar em

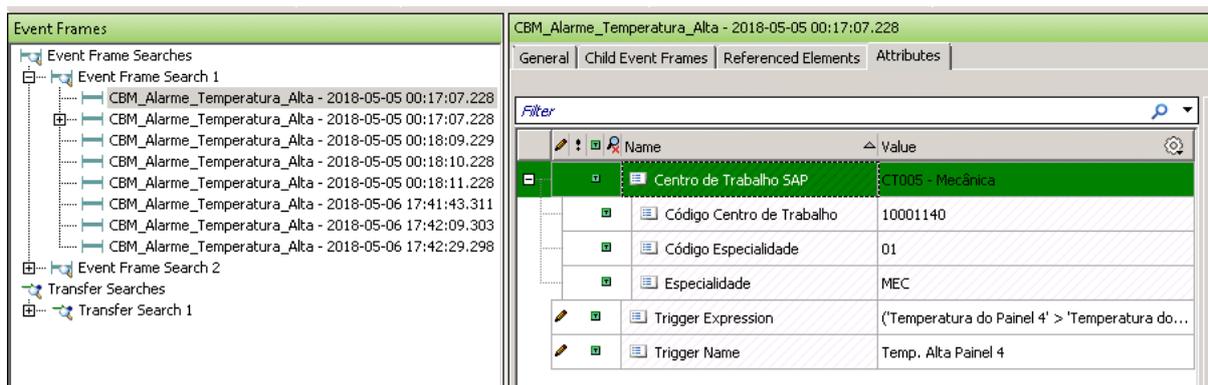
todo o histórico de determinada variável, em que momento ela operou fora dos limites desejados. Ao contrário, é possível buscar pelos event frames rapidamente identificar estes períodos para uma análise mais profunda. A Figura 7 exemplifica uma pesquisa dos eventos de temperatura alta na carcaça.



Name	Duration	Start Time	End Time	Primary Element
CBM_Alarme_Temperatura_Alta - 2018-05-05 00:17:07.228	0:01:02,001	05/05/2018 00:17:07.228	05/05/2018 00:18:09.229	Carcaça
CBM_Alarme_Temperatura_Alta - 2018-05-05 00:17:25.26,069	1:17:25,26,069	05/05/2018 00:17:07.228	06/05/2018 17:42:33.297	Carcaça
CBM_Alarme_Temperatura_Alta - 2018-05-05 00:18:00.00,999	0:00:00,999	05/05/2018 00:18:09.229	05/05/2018 00:18:10.228	Carcaça
CBM_Alarme_Temperatura_Alta - 2018-05-05 00:18:00.00,01	0:00:01	05/05/2018 00:18:10.228	05/05/2018 00:18:11.228	Carcaça
CBM_Alarme_Temperatura_Alta - 2018-05-05 00:18:11.23,32,083	1:17:23,32,083	05/05/2018 00:18:11.228	06/05/2018 17:41:43.311	Carcaça
CBM_Alarme_Temperatura_Alta - 2018-05-06 17:41:25,992	0:00:25,992	06/05/2018 17:41:43.311	06/05/2018 17:42:09.303	Carcaça
CBM_Alarme_Temperatura_Alta - 2018-05-06 17:42:00.00,19,995	0:00:19,995	06/05/2018 17:42:09.303	06/05/2018 17:42:29.298	Carcaça
CBM_Alarme_Temperatura_Alta - 2018-05-06 17:42:00.00,03,999	0:00:03,999	06/05/2018 17:42:29.298	06/05/2018 17:42:33.297	Carcaça

Figura 7. Exemplo de busca por event frames.

Além do início, fim e duração do evento de temperatura alta, pode-se configurar outros atributos para que sejam preenchidos automaticamente no momento da geração. Dessa maneira, todos os dados de determinado evento já estão armazenados no mesmo lugar, e podem assim, por exemplo, auxiliar a análise da causa raiz do problema.



Name	Value
Centro de Trabalho SAP	CT005 - Mecânica
Código Centro de Trabalho	10001140
Código Especialidade	01
Especialidade	MEC
Trigger Expression	('Temperatura do Painel 4' > 'Temperatura do ...
Trigger Name	Temp. Alta Painel 4

Figura 8. Atributos de um event frame preenchidos automaticamente.

Com a configuração das análises e geração de eventos automáticos, conclui-se o passo 4: “Executar lógica de monitoramento de condição”.

2.5 Notificações

A ferramenta PI Notifications que também está integrada ao PI AF é utilizada ao longo do quinto passo, o qual contempla alertas e notificações. Com os eventos configurados para detectar momentos importantes no processo monitorado, utiliza-se a geração de eventos como gatilhos para envio das notificações. Dessa maneira, sempre que um novo evento é gerado, uma notificação é enviada tanto para o ERP, via webservice, para abertura de uma nota de manutenção, quanto para os técnicos responsáveis pelo ativo, via email. Ambas notificações podem ser configuradas para enviar quaisquer informações do contexto do evento ou elemento relacionado a ele. Nas próximas figuras, Figura 9 e Figura 10, verifica-se a facilidade de edição e o exemplo de uma notificação por e-mail.

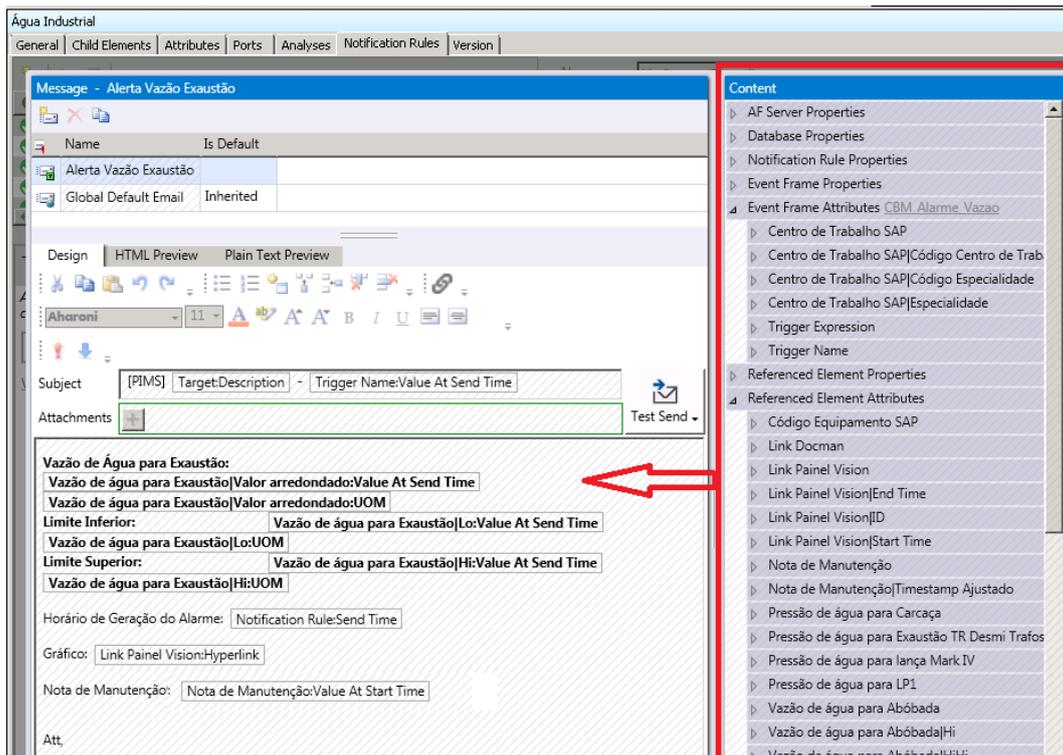


Figura 9. Template de Notificação por email.



Figura 10. Notificação recebida por email.

2.6 Dashboards

Por fim, é preciso visualizar em tempo real as condições dos ativos e a ferramenta PI Vision é recomendada para esta finalidade. O PI Vision é uma aplicação web para desenvolvimento de dashboards interativos que além de mostrar os dados em tempo real, permite navegar pelo histórico das variáveis rapidamente. E por ser web, permite a visualização dos dashboards a partir de qualquer navegador, possibilitando o uso de dispositivos móveis. Pode-se verificar na Figura 11 um exemplo de dashboard desenvolvido neste trabalho.



Figura 11. Exemplo de Dashboard no PI Vision.

O link enviado por email ao técnico de manutenção (Figura 10) abre o dashboard correspondente diretamente no intervalo do respectivo evento.

3 CONCLUSÃO

As organizações têm buscado formas mais inteligentes de fazer gestão dos seus ativos para maximizar seu desempenho com o menor custo e risco associado. A manutenção baseada em condições (CBM) é uma das estratégias para este objetivo. O CBM consiste em realizar manutenção somente quando existe evidência de necessidade, em detrimento à velha prática da manutenção por calendário. Para isso, é essencial ter acesso a todo tipo de dado possível destes ativos, para analisá-los e transformá-los em informações acionáveis. O conceito de infraestrutura de dados auxilia as organizações a atingir este objetivo. Como se mostrou neste trabalho, o sistema PI possui ferramentas poderosas para coletar, armazenar, contextualizar e agregar valor aos dados, gerando e disponibilizando informação para tomadas de decisão em tempo real. Este projeto se aproveitou de toda esta capacidade para implementar uma estratégia de CBM em um forno elétrico a arco de maneira totalmente configurável e facilmente escalável ou replicável.

Agradecimentos

À equipe de projetos que atuou neste trabalho, nosso muito obrigado pela colaboração.

REFERÊNCIAS

- 1 What is Assest Management? [página da internet].IAM, 2014 [acessado em 03 maio 2018]. Disponível em: <https://theiam.org/knowledge/introduction/what-is-asset-management/>

- 2 Chavero, Miguel. New Smart Asset Management Strategies. Osisoft, 2016[acessado em 05 maio 2018]. Disponível em: <https://www.osisoft.com/White-Papers/New-Smart-Asset-Management-Strategies/>
- 3 Optimizing Plant Operations with Condition Based Maintenance[página da internet]. Osisoft, 2015 [acessado em 07 maio 2018]. Disponível em: <https://www.osisoft.com/corporate/power-cbm/>
- 4 Pierce K., Gopalkrishnan G., Corby C., Thomason D., Hertler C., Miller M.,*et al.* A Guidebook to Implementing Condition-Based Maintenance (CBM) Using Real-time Data. San Leandro: Osisoft, 2018 E-book. [acessado em 07 maio 2018].Disponível em: <https://pisphere.osisoft.com/docs/DOC-3487-cbm-guidebook-version-2>.