



N. MAHALINGAM

CENTRO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA



Preparing the future generations...



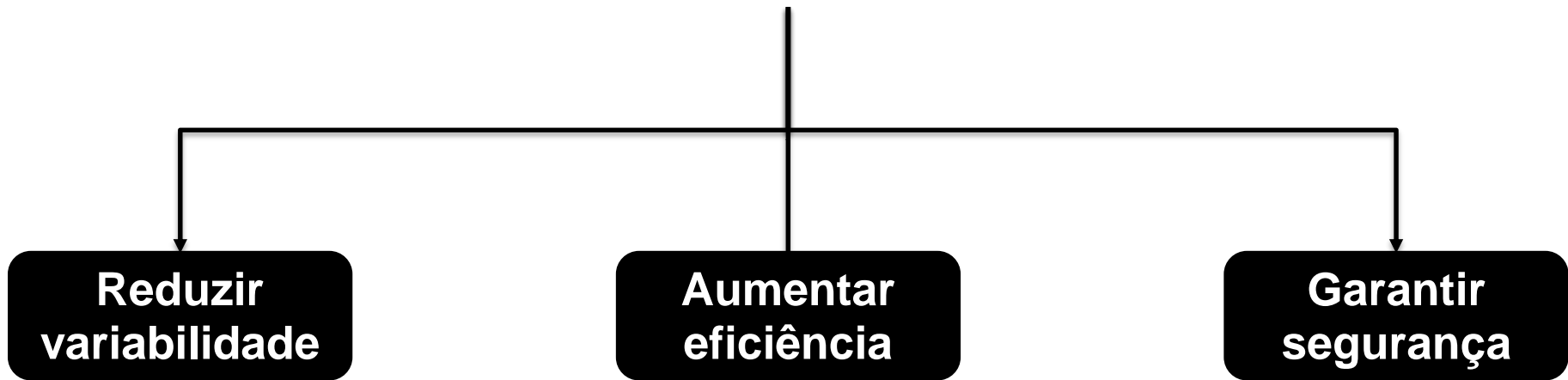
NOVOS MÉTODOS DE CONTROLO DINÂMICO DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO

07.07.2016

Vítor Anjos

(Dr.-Ing. Metallurgy)

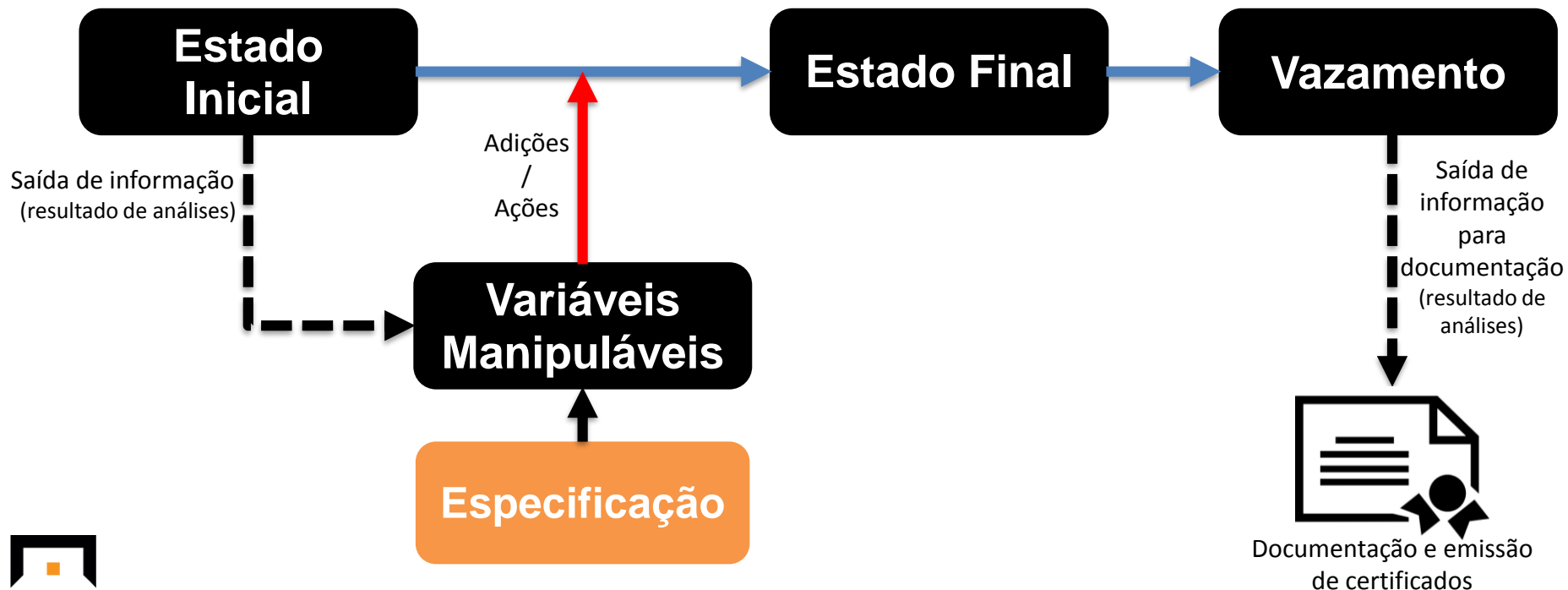
Controlo de Processo é um técnica que usa *informação*, *arquitetura* e *algoritmo* para manter um determinado output de processo constante num alvo pré-definido.



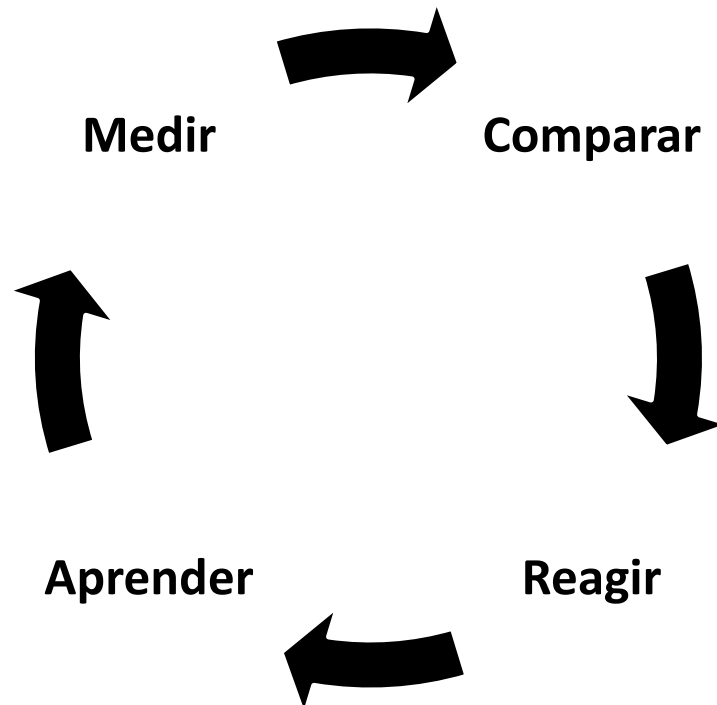
Controlo de Processo Tradicional



Gráfico original de: OCC GmbH



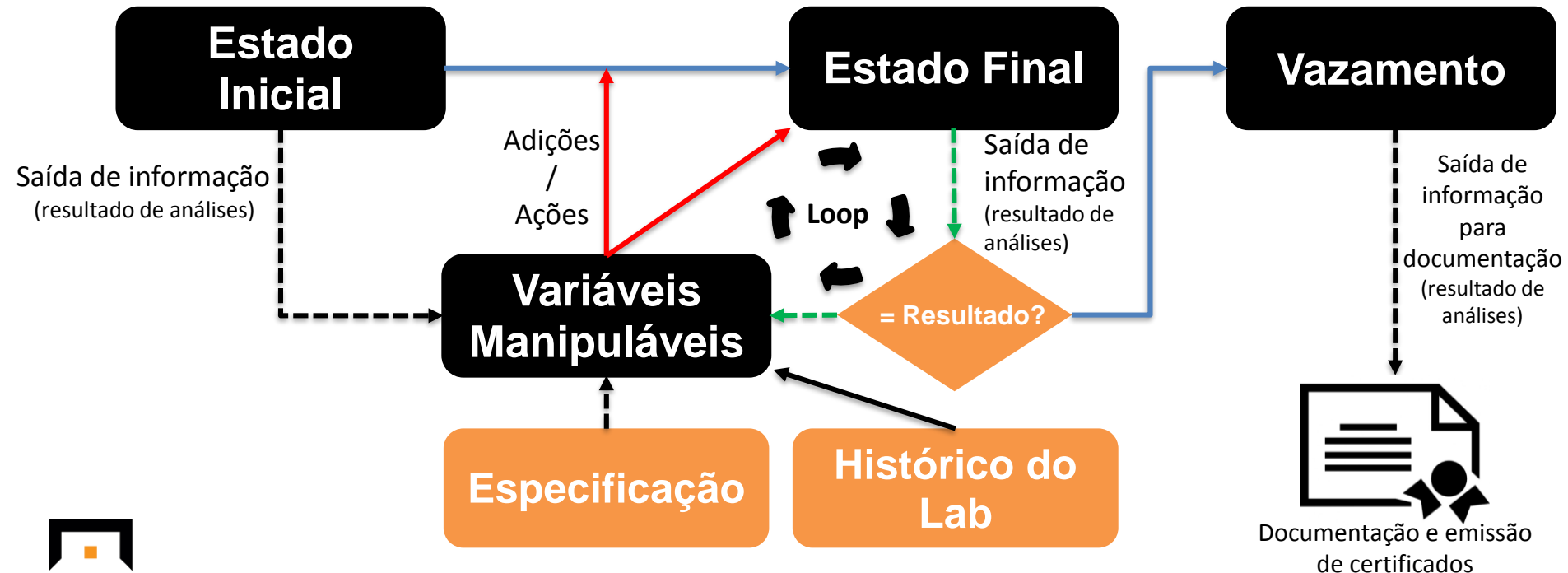
Controlo de Processo Dinâmico é uma versão evoluída do tradicional Controlo de Processo, que inclui **“control loop”** e **inteligência artificial** para “aprender” a controlar o processo.



Controlo de Processo Dinâmico



Gráfico original de: OCC GmbH

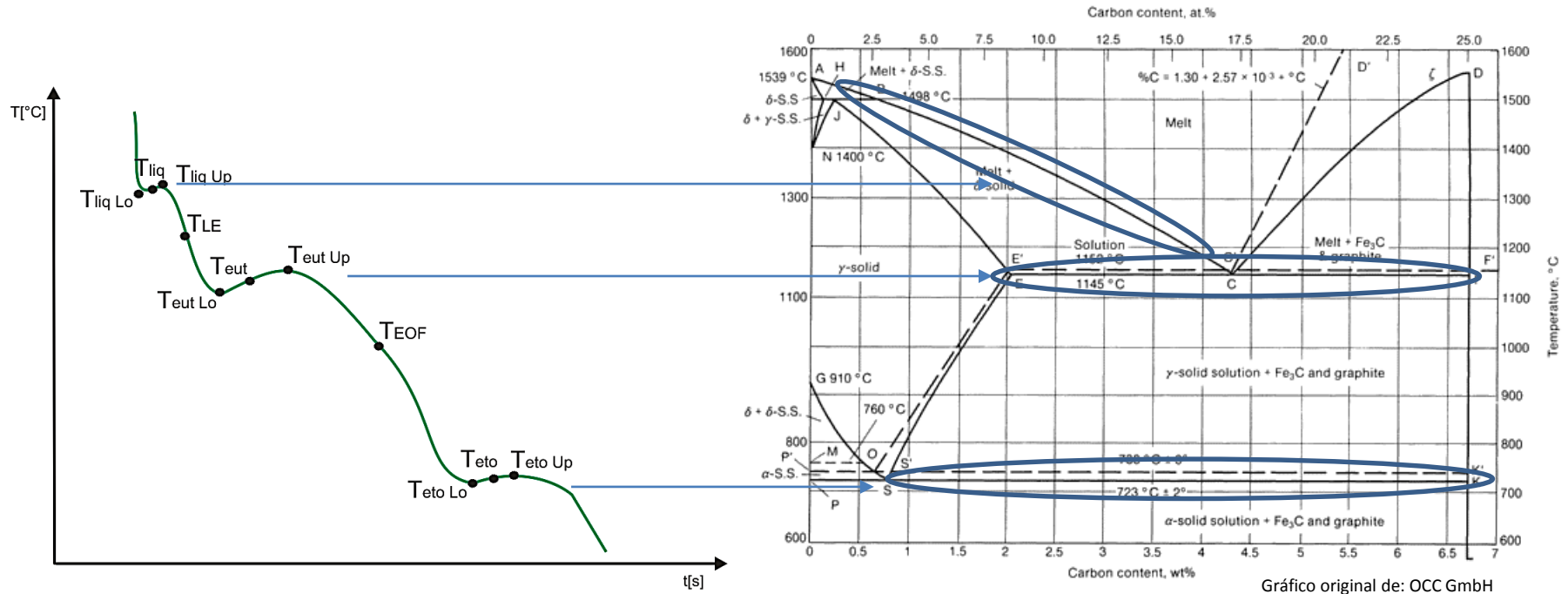


A aquisição de Informação é essencial e deve ser:

- Precisa;
- Rápida;
- Abrangente



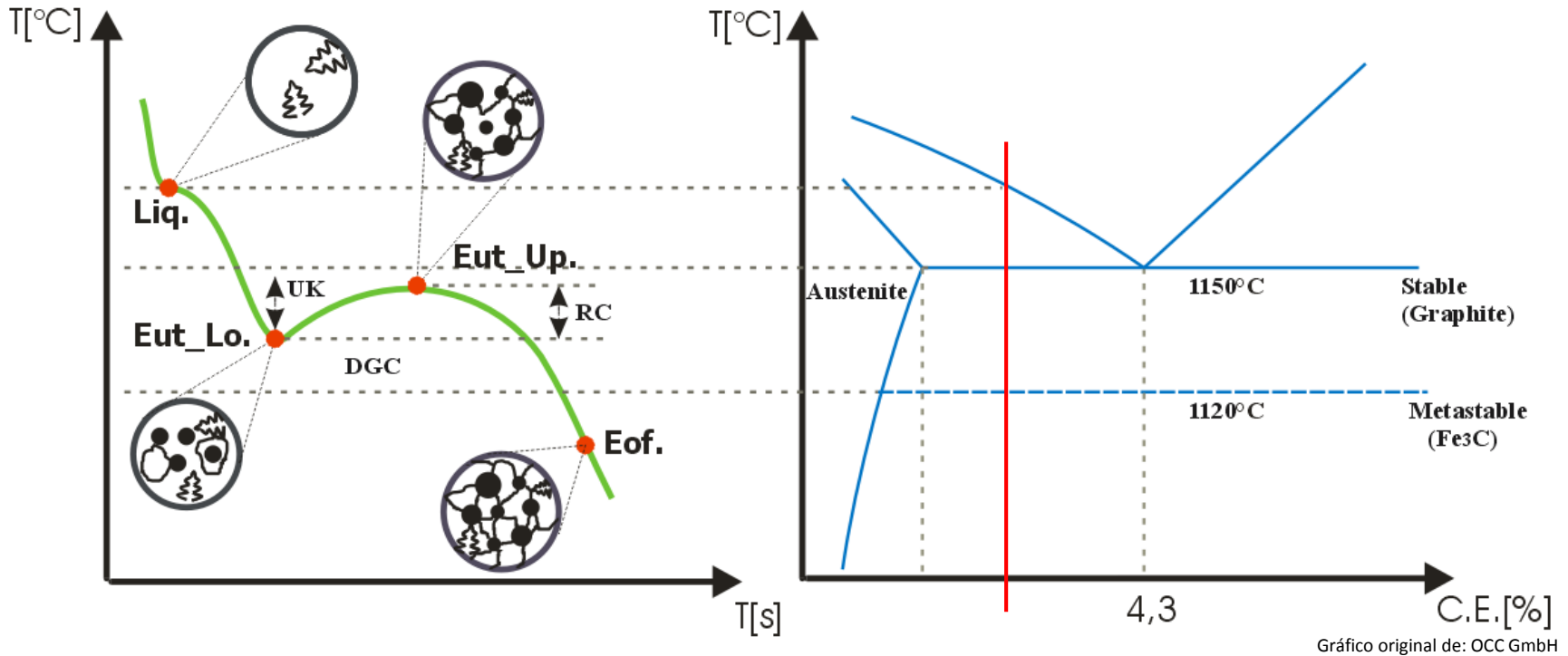
Técnicas de Análise Térmica



Esquema de uma curva de solidificação de ferro fundido, com indicação dos pontos críticos como o início de solidificação (T.Liq), reação eutética (T eut.) e eutectóide (T eto.).



Técnicas de Análise Térmica



Esquema de uma curva de solidificação de ferro fundido, com indicação dos pontos críticos como o início de solidificação (T_{Liq}), reação eutética ($T_{\text{eut.}}$) e eutectóide ($T_{\text{eto.}}$).



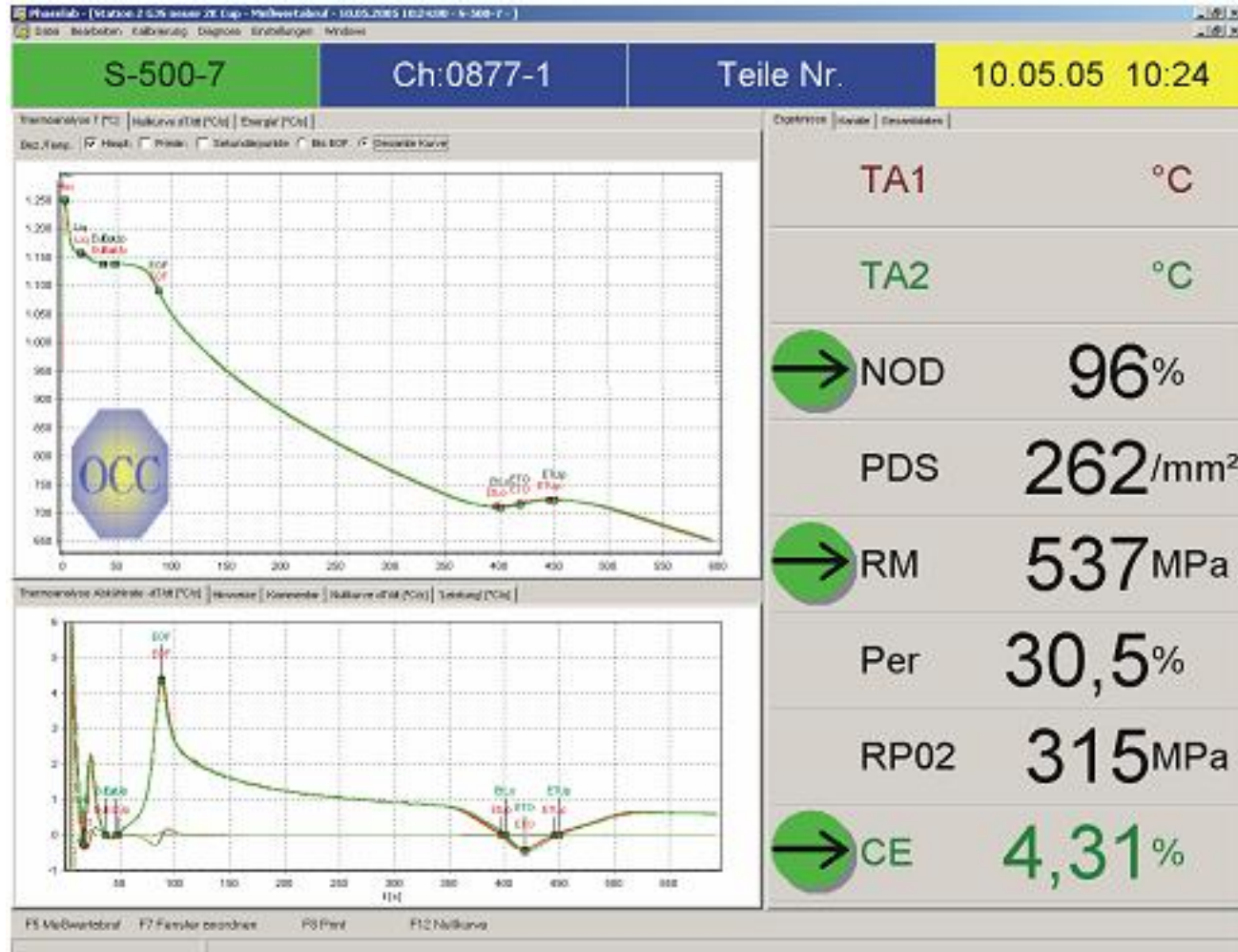
Medir / Comparar / Reagir / Aprender

Copo contendo Telúrio para usar em ferro fundido	<p>Hereaus Electro-Nite</p> 	<p>Minkon</p> 	<p>Hereaus Electro-Nite Te + S</p> 
Aplicação	<p><u>Material:</u> Todos os ferros fundidos</p> <p><u>Análise:</u> CE, %C, %Si, T Eut meta.</p>	<p><u>Material:</u> Todos os ferros fundidos</p> <p><u>Análise:</u> CE, %C, %Si, T Eut meta.</p>	<p><u>Material:</u> Ferro fundido cinzento</p> <p><u>Análise:</u> CE, %C, %Si, T Eut meta.</p>
Copo sem Telúrio para usar em ferro fundido e ligas não ferrosas	<p>Hereaus Electro-Nite</p> 	<p>Hereaus Electro-Nite</p> 	<p>Hereaus Electro-Nite</p> 
Aplicação	<p><u>Material:</u> Ferro fundido compacto, Nodular e ligas não ferrosas</p> <p><u>Análise:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Previsão da microestrutura • Previsão de propriedades mecânicas • Avaliação do risco de formação de defeitos 	<p><u>Material:</u> Ferro fundido compacto, Nodular e ligas não ferrosas</p> <p><u>Análise:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Previsão de algumas características da microestrutura 	<p><u>Material:</u> Ferro fundido compacto, Nodular e ligas não ferrosas</p> <p><u>Análise:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Previsão de algumas características da microestrutura • Especialmente indicado para processos com solidificação rápida.



Medir / Comparar / Reagir / Aprender

Técnicas de Análise Térmica

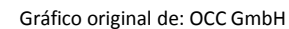


PhaseLab Software (OCC GmbH)

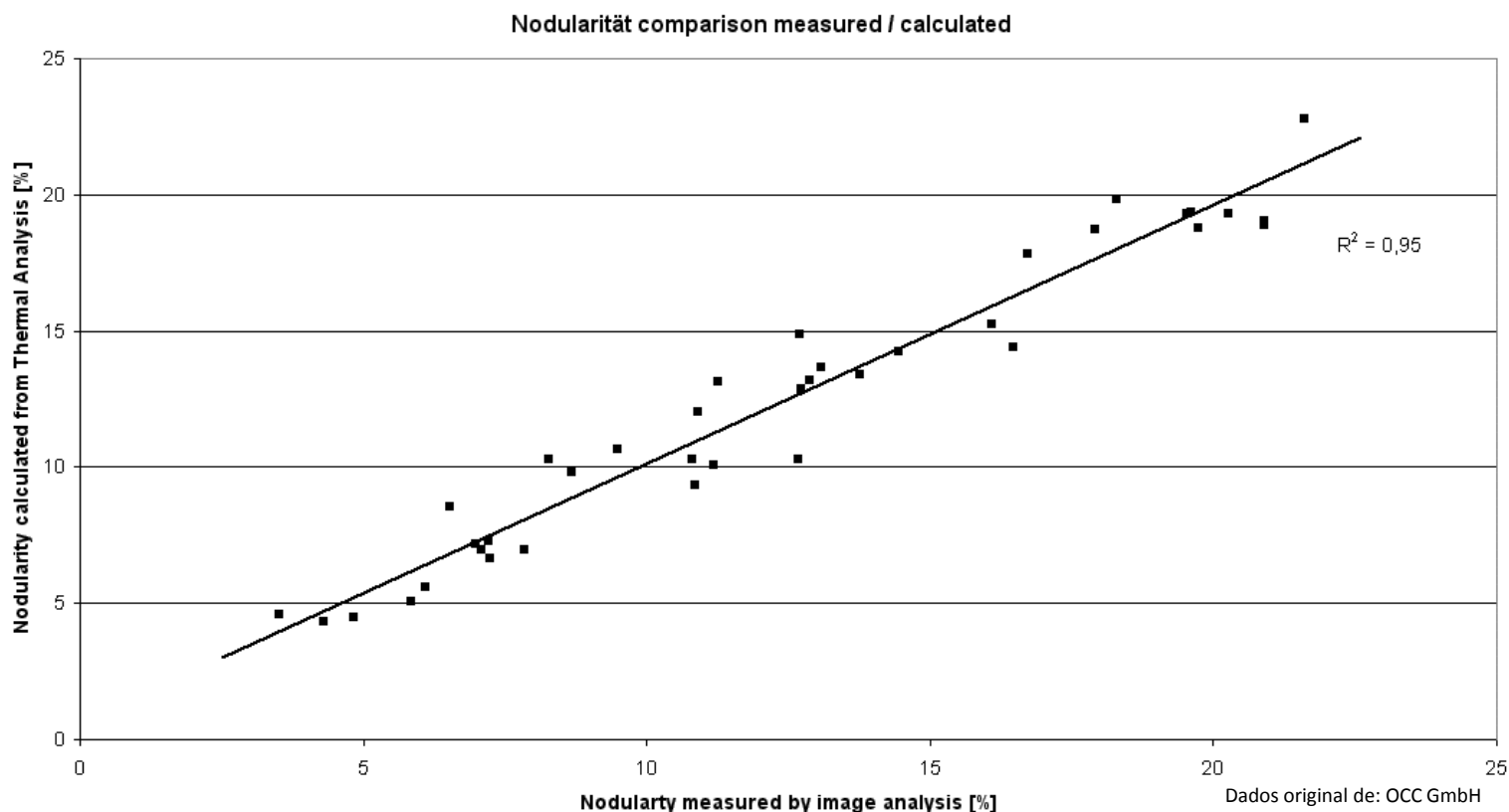




QUESTION



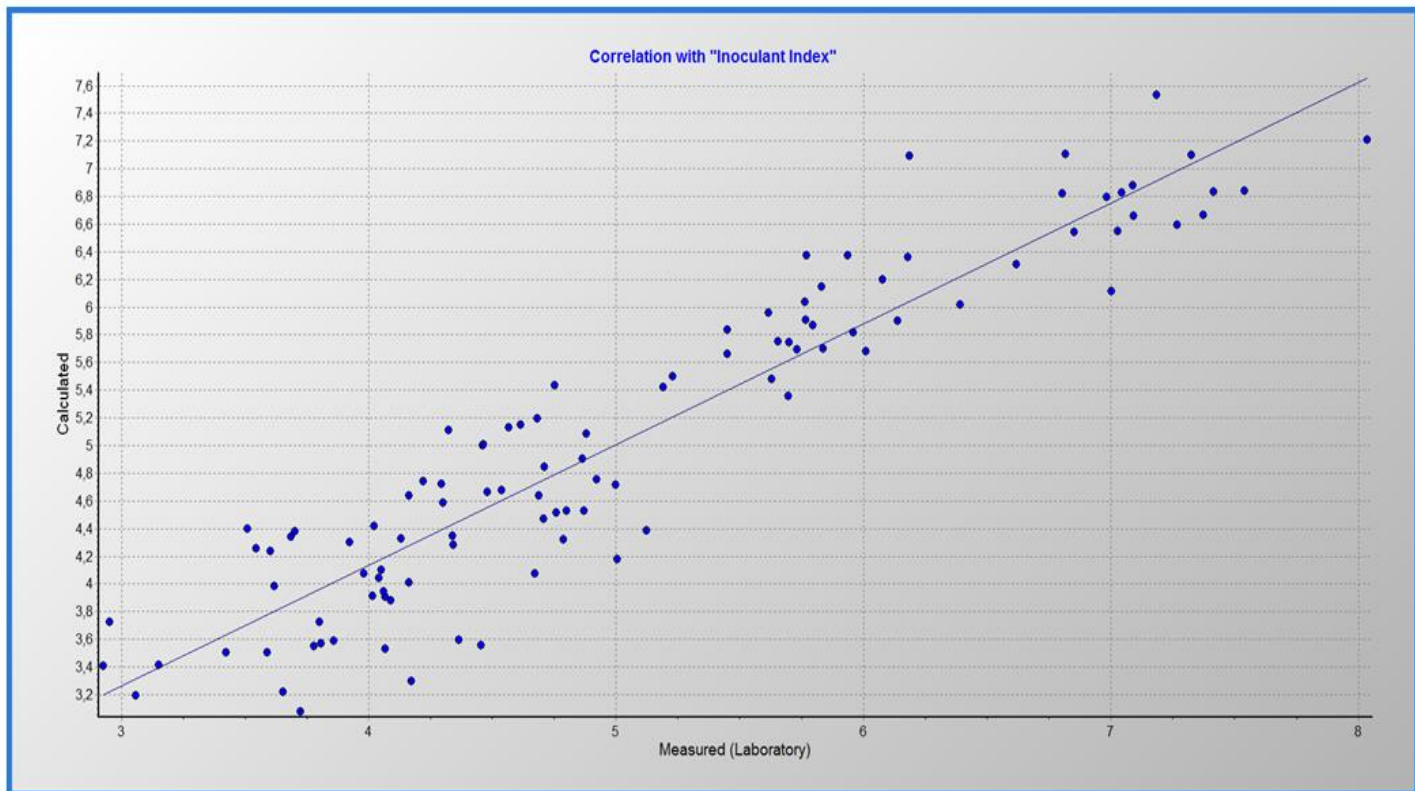
Exemplo: Correlação entre a Nodularidade estimada por análise térmica e Nodularidade medida por análise de imagem para Ferro Fundido Compacto



Exemplo: Correlação para estimar o grau de inoculação em ferro fundido nodular com base nas curvas de análise térmica.

$$\text{Inoculant_Index} = -346,24 + 0,30 * \text{Eut_Begin_Temp.} + 1,18 * \text{Critical_EOF-Factor}$$

$R^2 = 0,87$

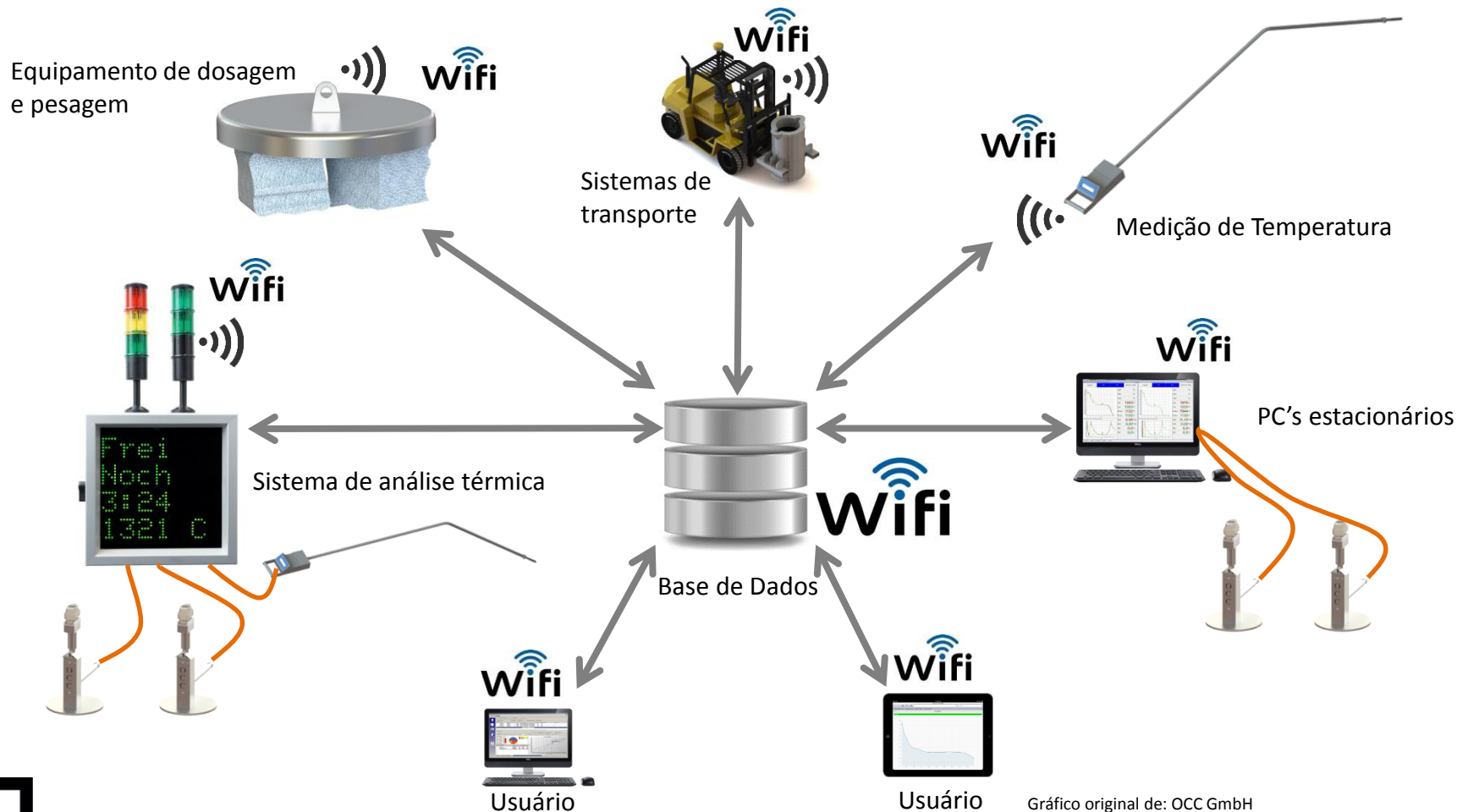


Dados original de: OCC GmbH



Medir / Comparar / Reagir / Aprender

Os sistemas de medição devem ser modulares e de comunicação direta com a base de dados!



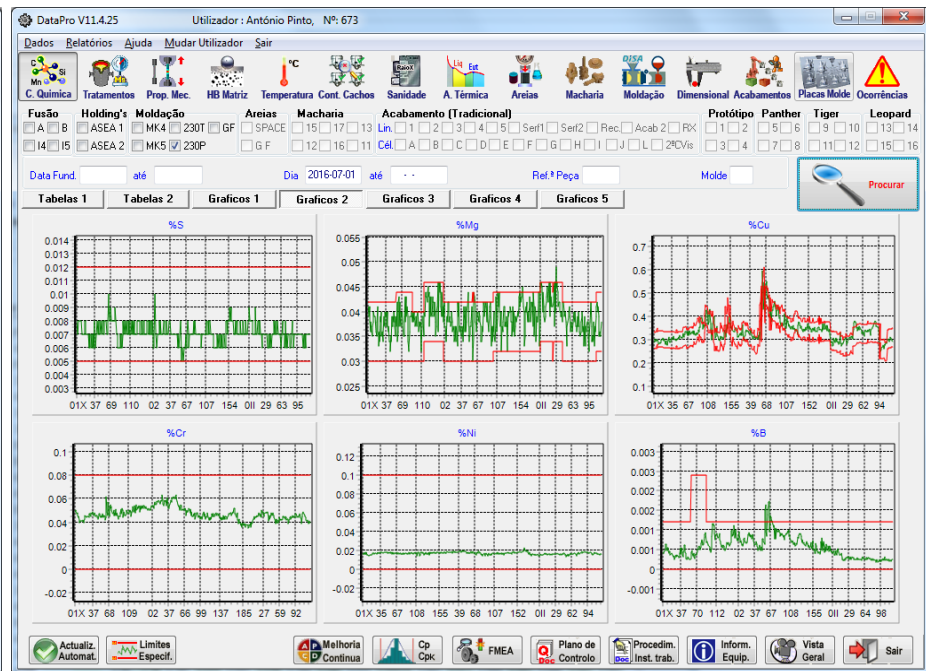
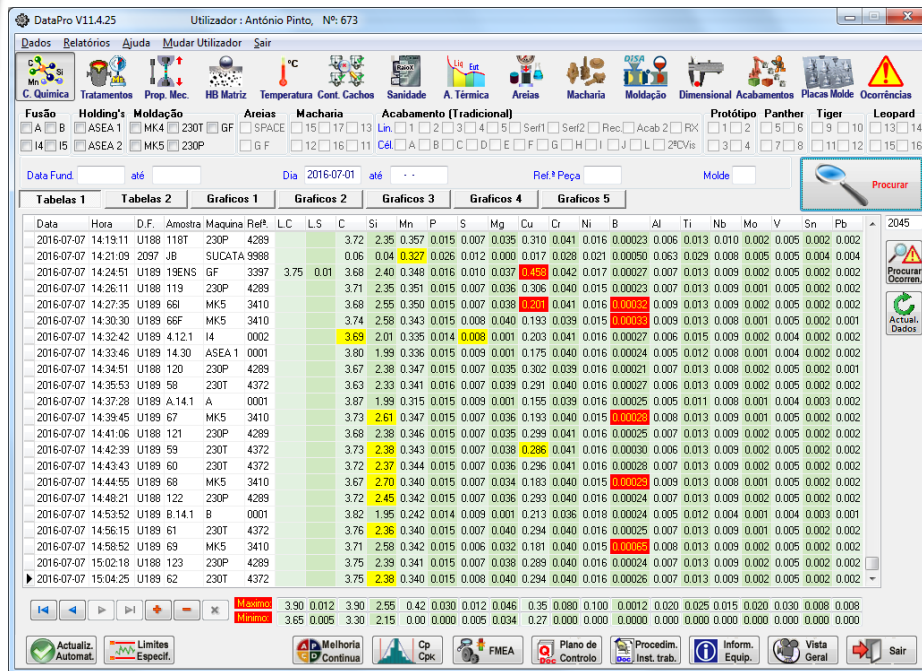
Medir / Comparar / Reagir / Aprender



Valor medido ou estimado





Valor alvo (especificado)




DataPro Software (SAKTHI Portugal)

Medir / Comparar / Reagir / Aprender




 DataPro - Ficha Pedagógica de Controlo Metalurgico





Ficha Pedagógica de Controlo Metalurgico

Ref. Peça: 4207



Ref Cliente: 11.3382-9998.9

Cliente: ContiTeves

Material: ATE 55003.16 :EN-GJS-550 (N55)

1 - Dureza Brinell

Especificação

190 - 250

Observações

Freq. Controlo

1 peça arranque, passado 15 min, 30 min e após 1 vez/hora

2 - MicroEstrutura

Perlite (%)

40 - 70

Nodularidade (%)

> 85

Nº Nodulos mm2

> 100

Observações

Freq. Controlo

1 peça arranque, passado 15 min, 30 min e após 1 vez/hora

3 - Prop. Mecânicas

Tipo Provete (mm)

Provete 6mm

R.Tracção (MPa)

550 - 800

Alongamento (%)

5 - 20

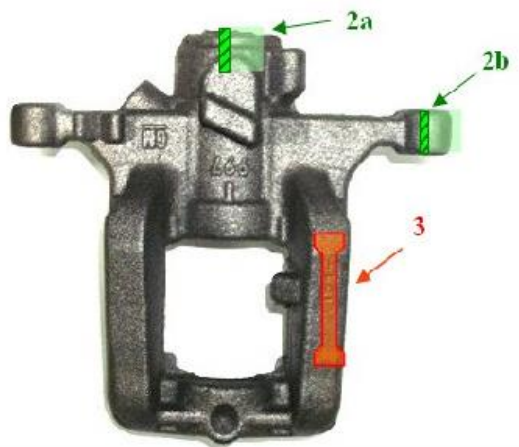
Lim.Elástico (MPa)


370 - 570


Freq. Controlo

1 provete por data fundição

4 - Observações



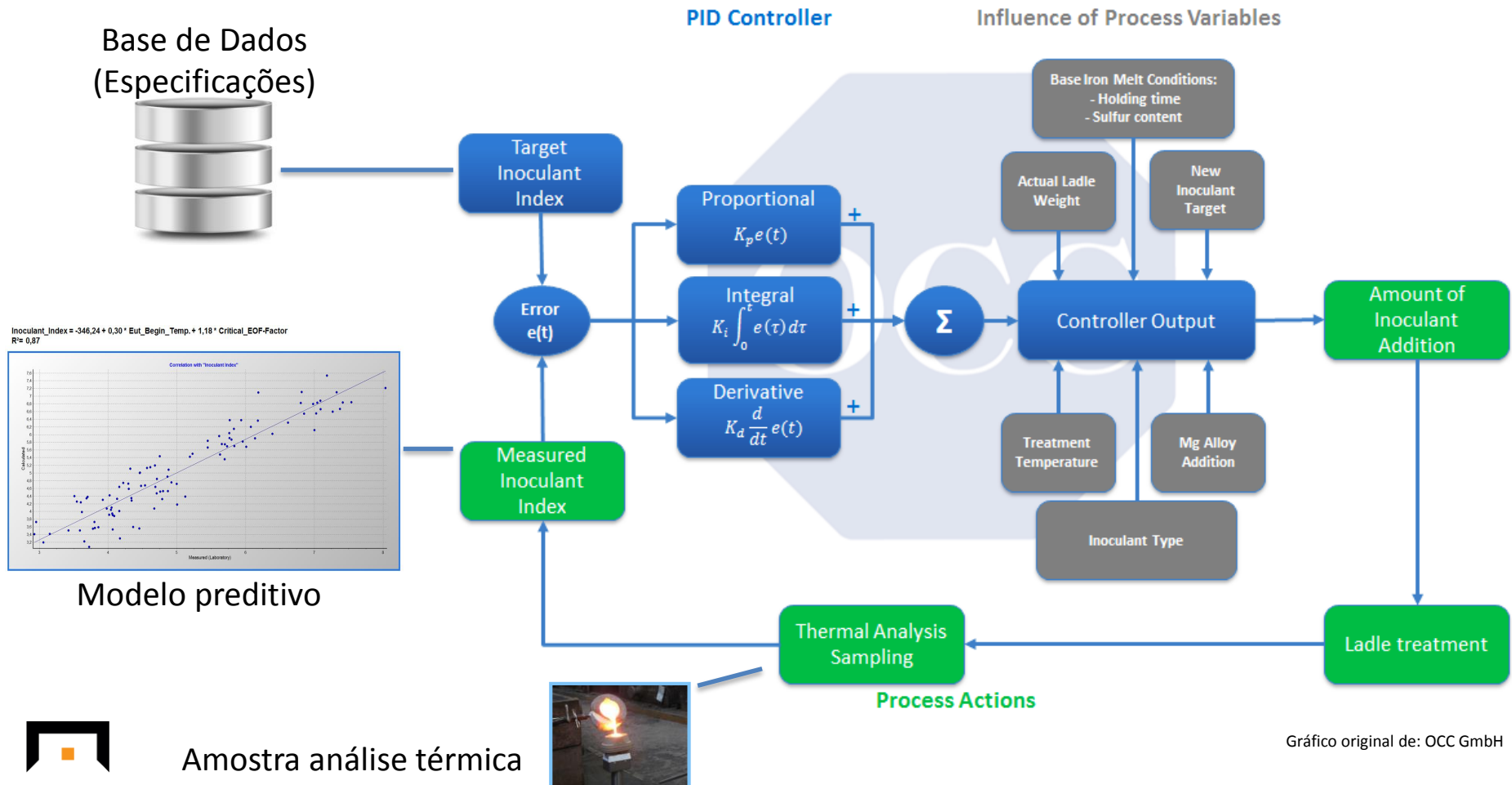


 Fechar



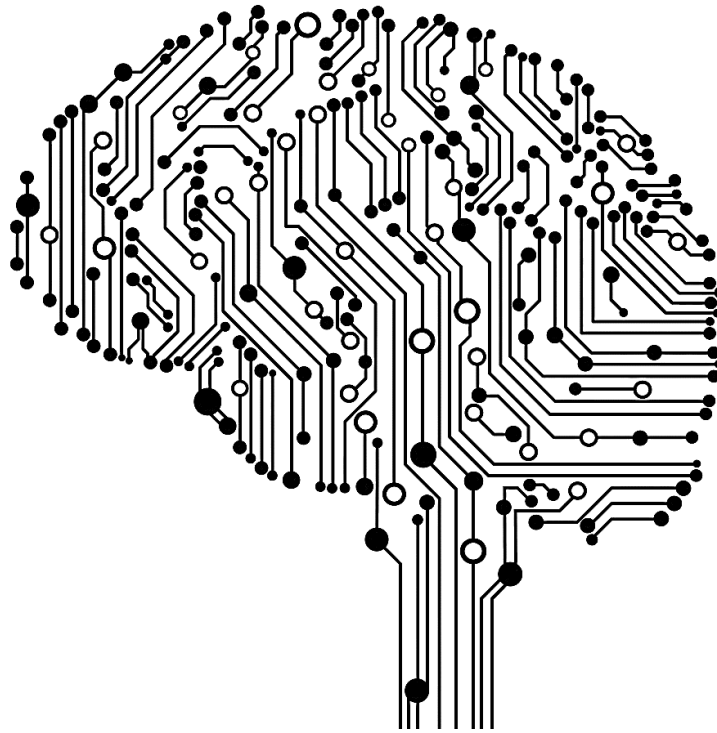
As reações para controlar o processo têm como base a aplicação de **modelos matemáticos** e **algoritmos**.

Calculation Loop for the Inoculant Additions



Medir / Comparar / Reagir / Aprender

Os novos softwares de controlo de processo começam a ter capacidade de **aprender** a avaliar e controlar o processo.



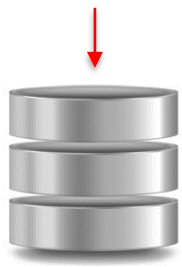
Medir / Comparar / Reagir / Aprender

O software reconhece uma variação no processo, procura a causa na informação contida na base de dados e determina as ações corretivas.

Gráfico de controlo de processo



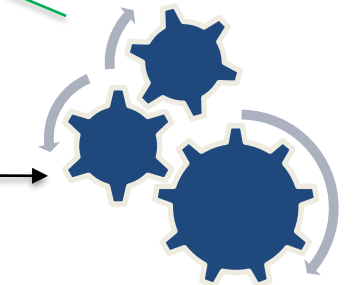
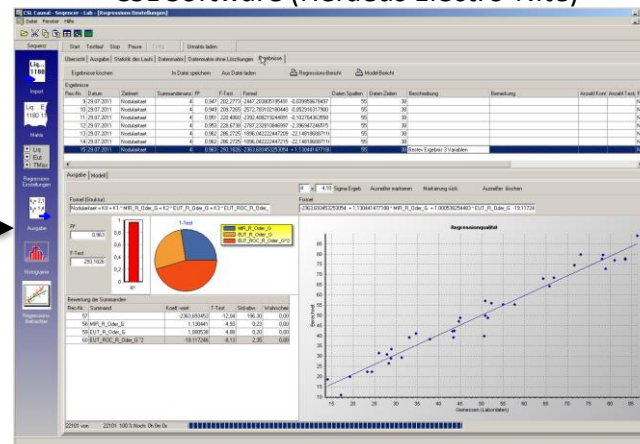
Desvio à normalidade não previsível!!



Base de Dados

Upload dos dados de produção

CSL Software (Heraeus Electro-Nite)



Definição de ajustes e ações corretivas

Modelador matemático autónomo





N. MAHALINGAM

CENTRO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA



Preparing the future generations...