

# **PRINCIPAIS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS**

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

## **REFERÊNCIAS:**

- **APOSTILAS-ABENDE-RICARDO ANDREUCCI;**
- **MATERIAL DA GE INSPECTION TECHNOLOGIES;**
- **ASM METALS HANDBOOK, VOL.17.**

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

## **PRINCIPAIS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS:**

- **INSPEÇÃO VISUAL;**
- **LÍQUIDO PENETRANTE,**
- **ULTRASSOM;**
- **PARTÍCULAS MAGNÉTICAS;**
- **CORRENTES PARASITAS;**
- **INSPEÇÃO VISUAL REMOTA;**
- **RADIOGRAFIA INDUSTRIAL;**
- **TERMOGRAFIA.**

## **APLICAÇÃO DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS:**

- **RECEBIMENTO;**
- **PROCESSO;**
- **EXPEDIÇÃO;**
- **INSPEÇÕES PERIÓDICAS EM SERVIÇO:**  
**MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA.**



# Inspeção Visual

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

## Introdução

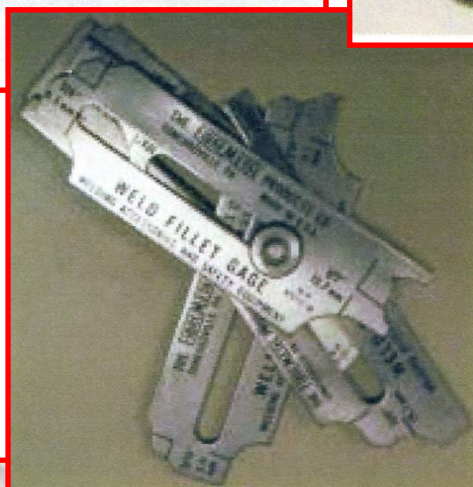
- O Ensaio Visual é uma das mais antigas atividades realizadas nos setores industriais em geral (aeronáutica  $\approx 80\%$ );
- É sempre o primeiro método END aplicado em qualquer tipo de peça, componente, montagem (sub-estrutura) e estrutura integral;
- Está freqüentemente associado a outros métodos de ensaios de materiais.



Lupa



Espelho



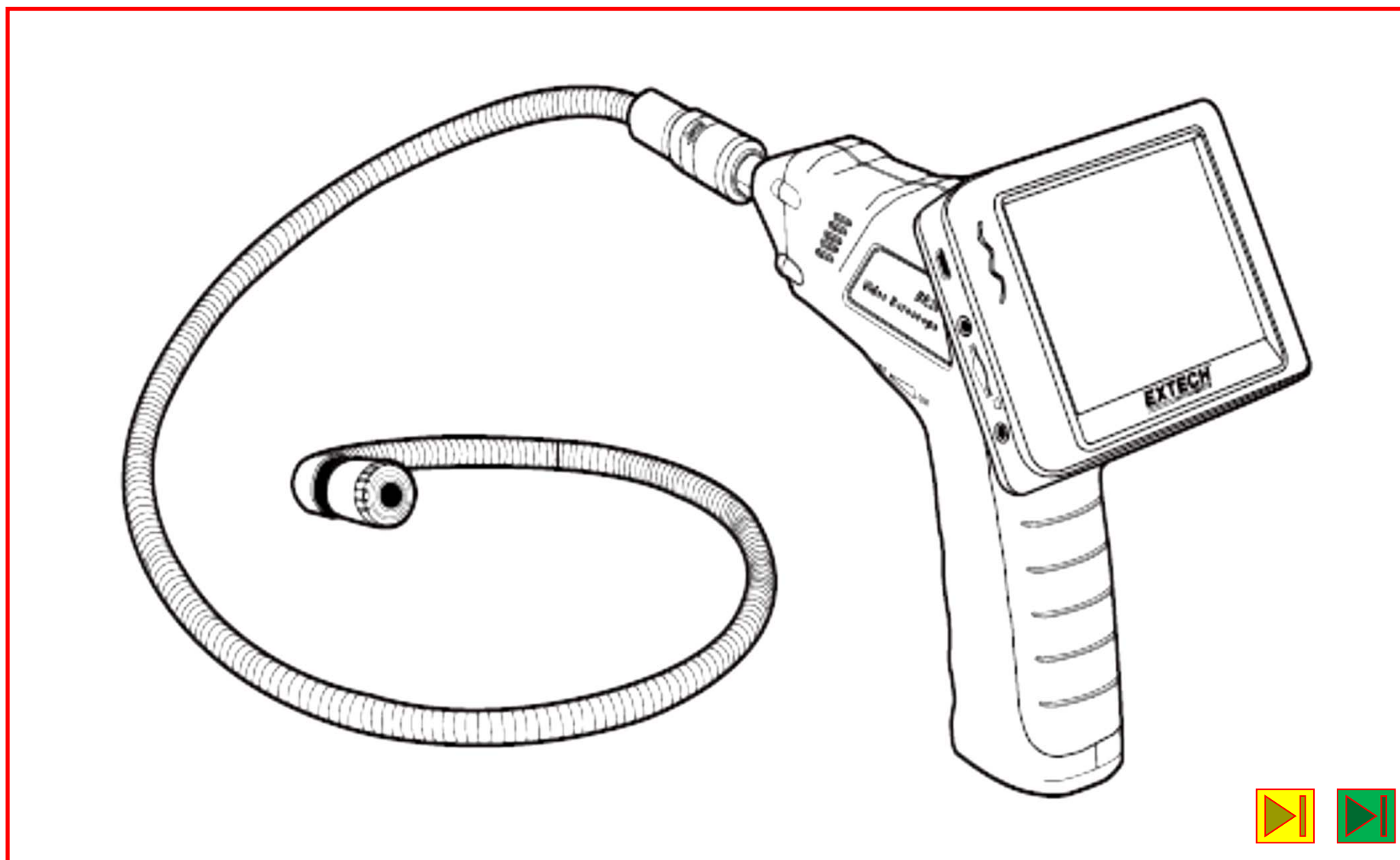
Gabaritos

Lentes de aumento



Lanternas





*Telescópios, boroscópios, fibroscópios, endoscópios*



## Produtos de Inspeção Visual Remota Endoscópios Industriais



### Descrição Geral

A Olympus é um líder conceituado a nível mundial no que diz respeito à tecnologia de inspeção visual com um portfólio abrangente de endoscópios industriais que simplificam as inspeções precisas de espaços pequenos e fechados. Estes endoscópios podem ser utilizados numa vasta gama de aplicações em que é útil observar o interior de motores, turbinas de gás, maquinaria, por trás de barreiras, no interior de tubos e depósitos e noutros locais onde o acesso é limitado. Também podem ser utilizados em operações de pesquisa e auxílio. Décadas de experiência proporcionaram uma linha versátil de videoscópios, fibroscópios, Boroscópios rígidos e um conjunto de opções de hardware e software específicas de aplicação.



**Figure 2. An Inspector at Tinker Air Force Base Gets a Magnified View of an Engine's High-Pressure Turbine Area with a New Digital Fiber-Optic Borescope. (Photo Courtesy of US Air Force; Photo taken by Margo Wright)**



# INSPEÇÃO VISUAL REMOTA



VideoProbe XLG3

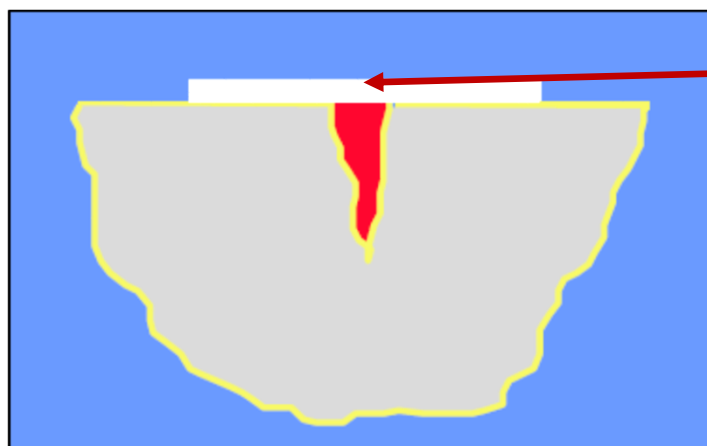
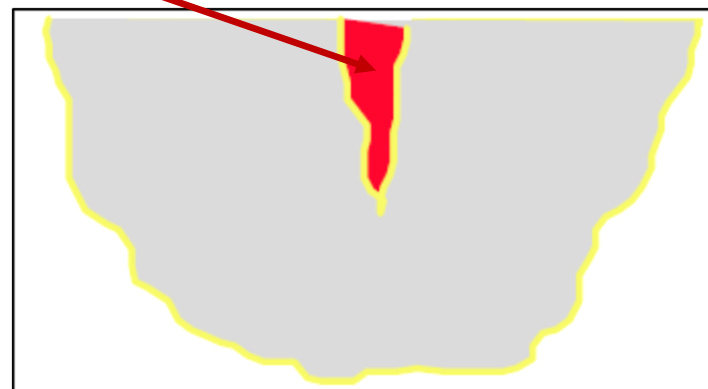
- Joystick controlled articulation
- Color CCD at distal end of probe
- Insertion tube watertight to 30 feet
- Integrate 2-hour battery / UPS
- Stereo defect measurement capability
- Record still images or MPEG video
- Embedded PC with ethernet connectivity
- Embedded R/W DVD , PC-card, and USB-2.0 ports

# LP (Líquido Penetrante)

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**



# LÍQUIDO PENETRANTE



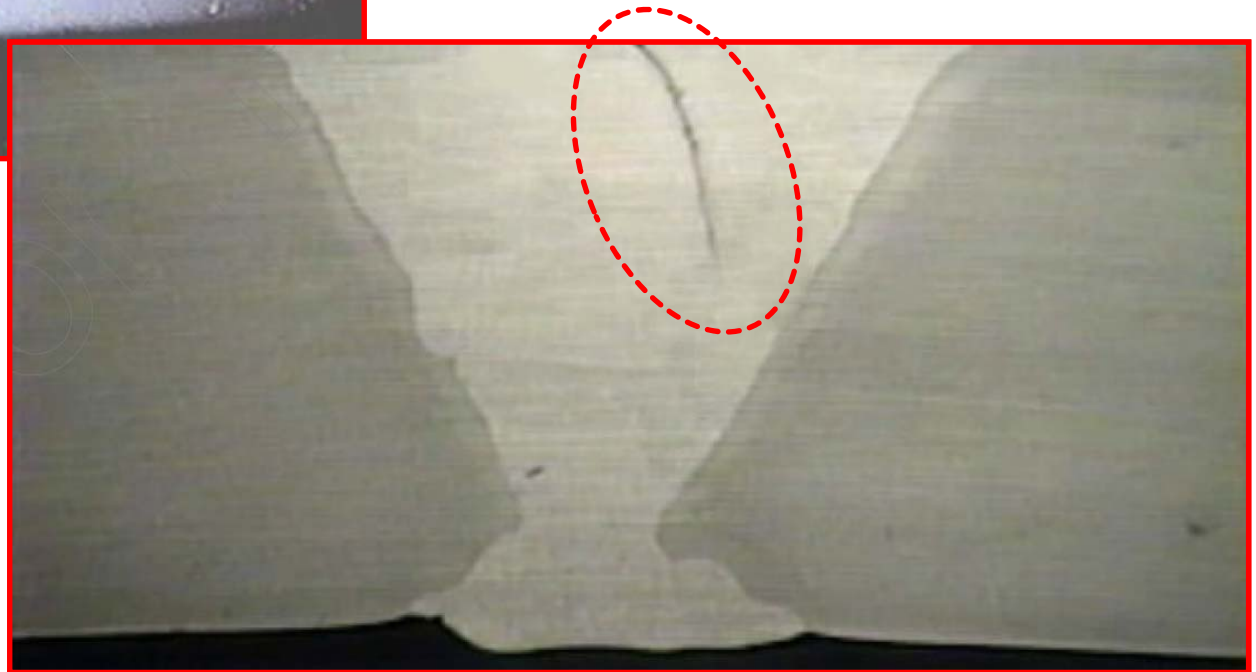
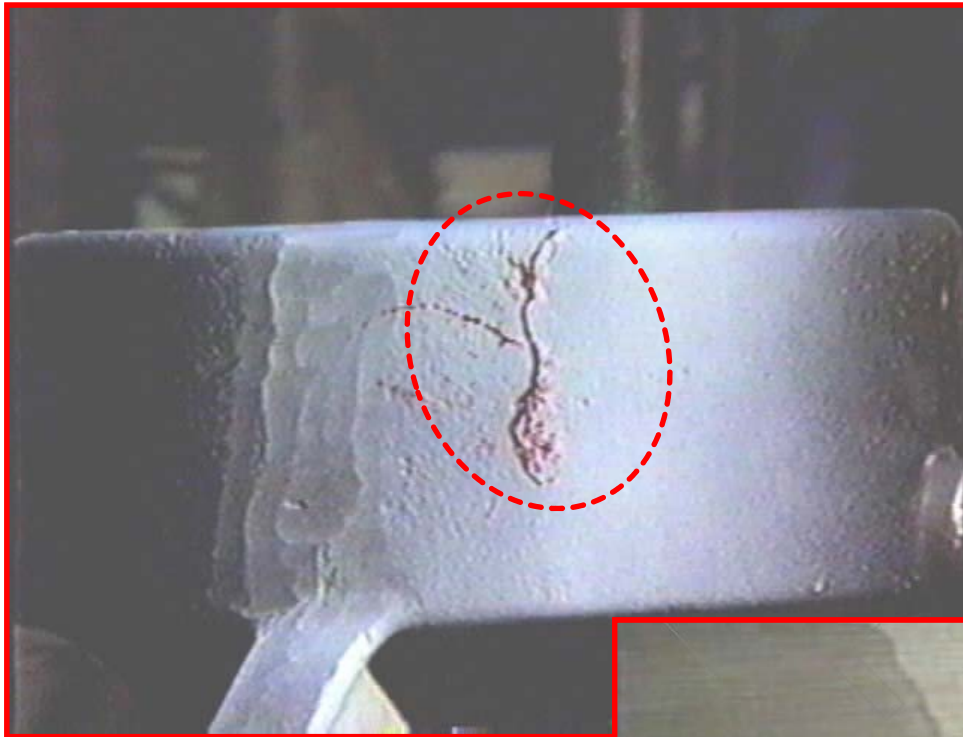
**REVELADOR**



[www.inspbrasil.com.br](http://www.inspbrasil.com.br)

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

## *Exemplos*



Ultrassom

***- Ultrassom = frequências de onda acima de 20 kHz (> 100 kHz - END)***

***- Ondas elásticas-mecânicas, de deformação compressiva, que são geradas e se propagam por intermédio da vibração de átomos e moléculas → ligações interatômicas e intermoleculares (módulo de elasticidade)***

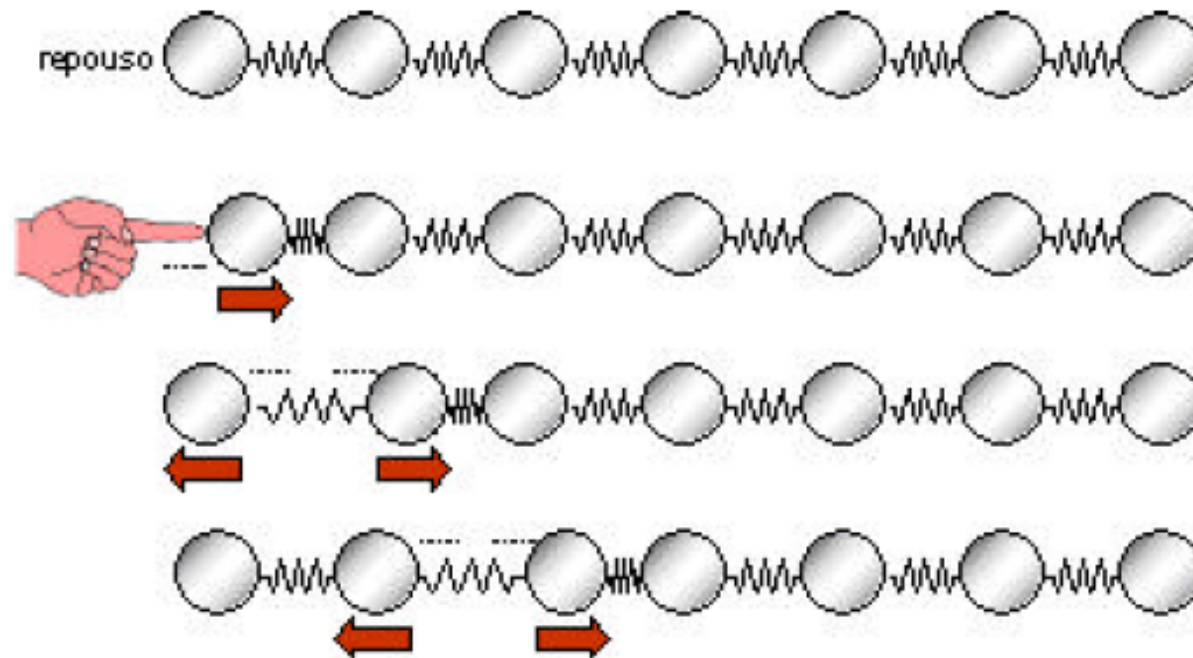
***- São refletidas, transmitidas e refratadas pela matéria***



## GERAÇÃO DE ONDAS DE COMPRESSÃO NA MATÉRIA

Ondas longitudinais (Ondas de compressão):

São ondas cujas partículas oscilam na direção de propagação da onda, podendo ser transmitidas a sólidos, líquidos e gases.



Onda longitudinal

**TABLE 23-2** Ultrasonic velocities for selected materials

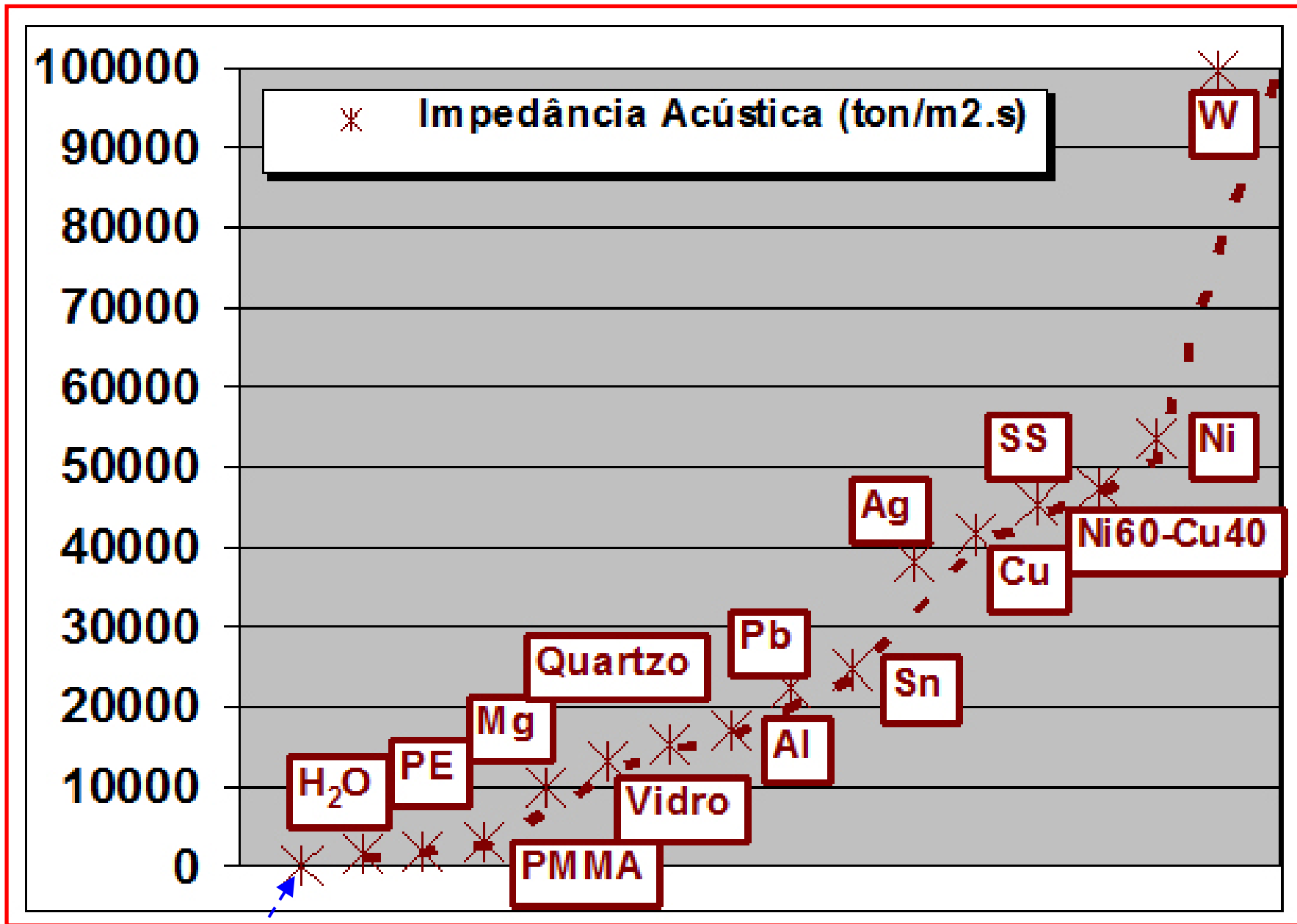
| Material        | Bulk Velocity<br>(in./s × 10 <sup>5</sup> ) | Modulus of Elasticity<br>(psi × 10 <sup>6</sup> ) | Density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|
| Al              | 2.46                                        | 10.4                                              | 2.7                             |
| Cu              | 1.82                                        | 16.0                                              | 8.96                            |
| Pb              | 0.77                                        | 2.4                                               | 11.34                           |
| Mg              | 2.27                                        | 6.6                                               | 1.74                            |
| Ni              | 2.37                                        | 30.0                                              | 8.9                             |
| 60% Ni-40% Cu   | 2.10                                        | 26.0                                              | 8.9                             |
| Ag              | 1.43                                        | 10.9                                              | 10.49                           |
| Stainless steel | 2.26                                        | 28.5                                              | 7.91                            |
| Sn              | 1.33                                        | 8.0                                               | 7.3                             |
| W               | 2.04                                        | 58.9                                              | 19.25                           |
| Air             | 0.13                                        | —                                                 | 0.0013                          |
| Glass           | 2.22                                        | 10.4                                              | 2.32                            |
| Lucite          | 1.05                                        | 0.5                                               | 1.18                            |
| Polyethylene    | 0.77                                        | 0.18                                              | 0.9                             |
| Quartz          | 2.26                                        | 10.0                                              | 2.65                            |
| Water           | 0.59                                        | —                                                 | 1.00                            |

From W. McGonagle, *Nondestructive Testing*, McGraw-Hill, 1961.

$$v = \sqrt{(E.g / d)}$$

$$\text{Impedância (W)} = \text{Vel. Som (v)} * \text{Densidade (d)} = \sqrt{(E.g.d)}$$

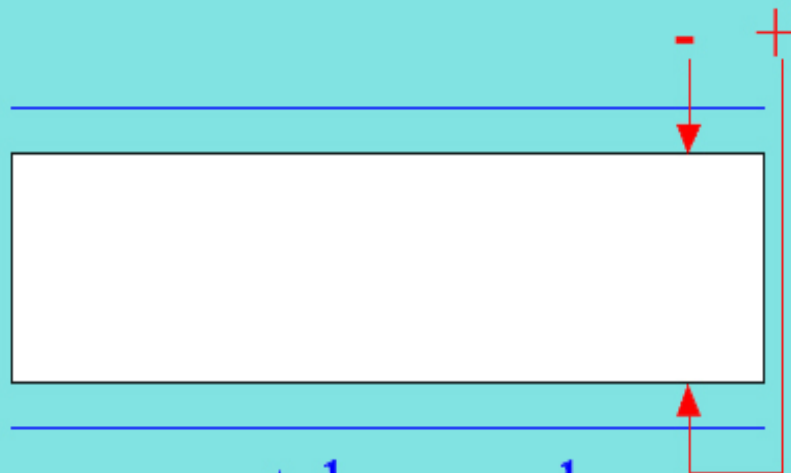
*Impedância acústica de um sistema vibratório ou meio de propagação, é a OPOSIÇÃO ou RESISTÊNCIA que este oferece à passagem da onda sonora, em função de sua frequência e velocidade*



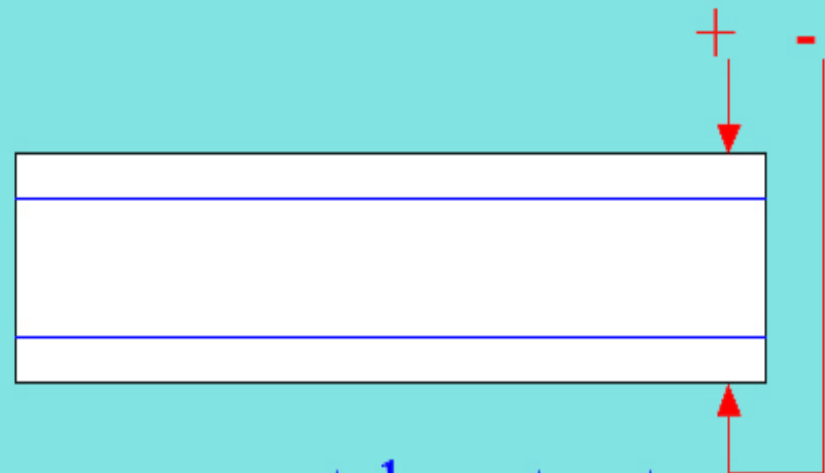
VÁCUO → 0; AR = 0,41 ton/m².s

## *EFEITOS PIEZO-ELÉTRICO DIRETO E INVERSO*

Alternating voltage applied:



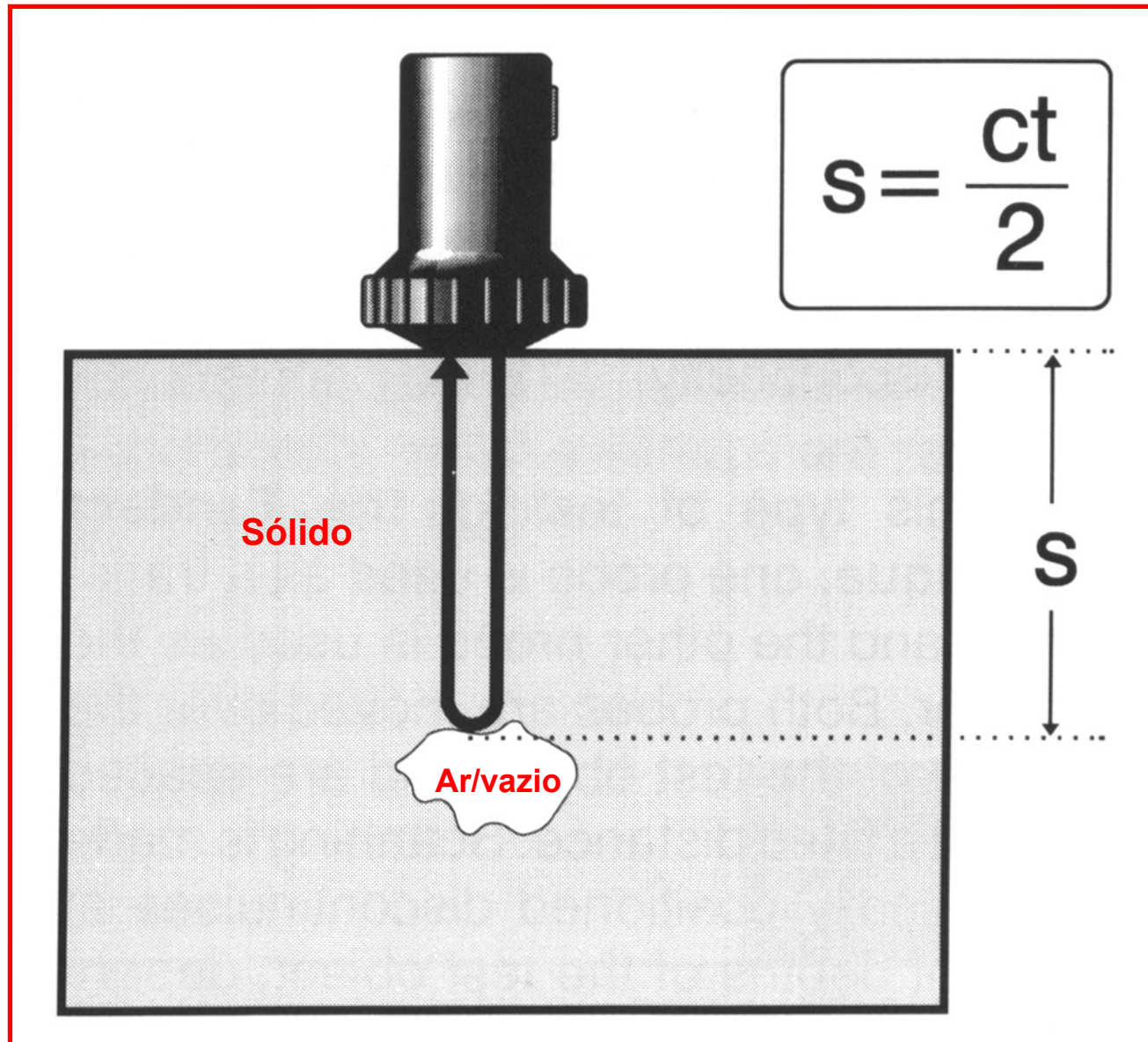
crystal expands



crystal contracts



## TEMPO DE VÔO (TECNICA PULSO-ECO)

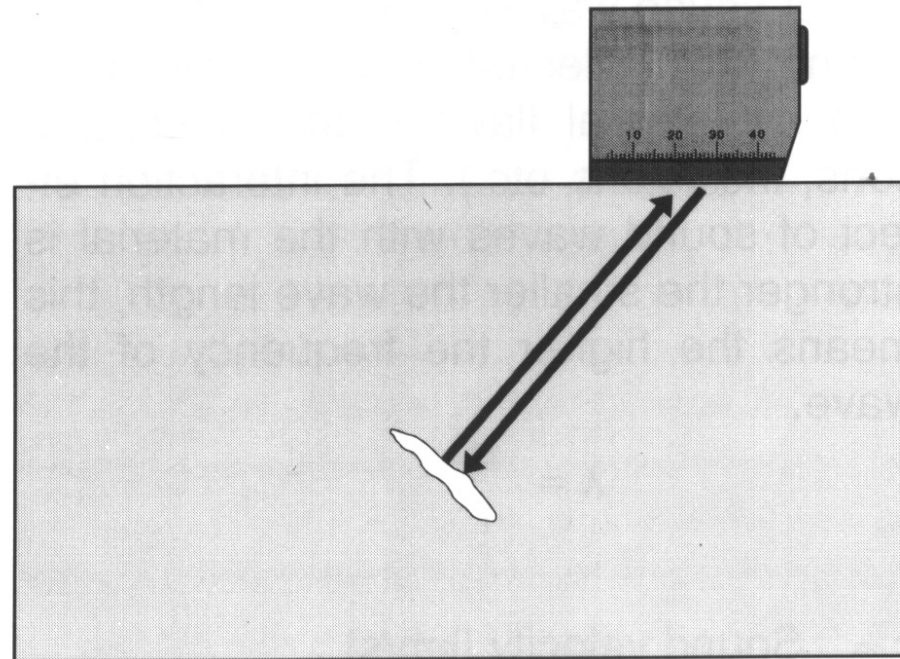
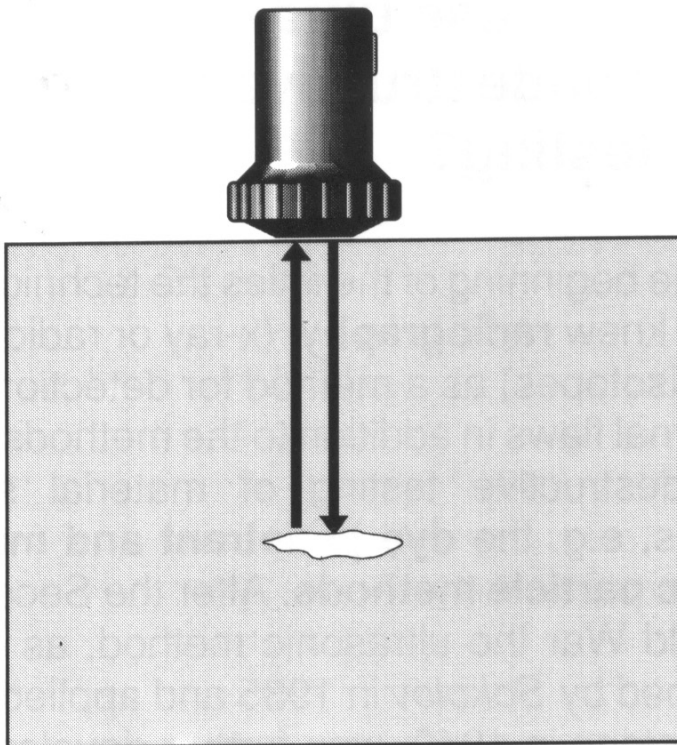


## **CRISTAIS**

- **Quartzo** = estabilidade térmica e elétrica, insolubidade na maioria dos líquidos, alta resistência mecânica e ao desgaste, excelente uniformidade e resistência ao envelhecimento. Relativamente baixa eficiência de conversão eletromecânica;
- **Sulfato de lítio** = ótimo amortecimento acústico para alta resolução, eficiência intermediária de conversão;
- **Cerâmicas polarizadas** = alta eficiência de conversão para alta sensibilidade, baixa resistência mecânica (tenacidade) e relativamente alta capacitância elétrica, que restringe seu uso a frequências abaixo de 15 MHz.

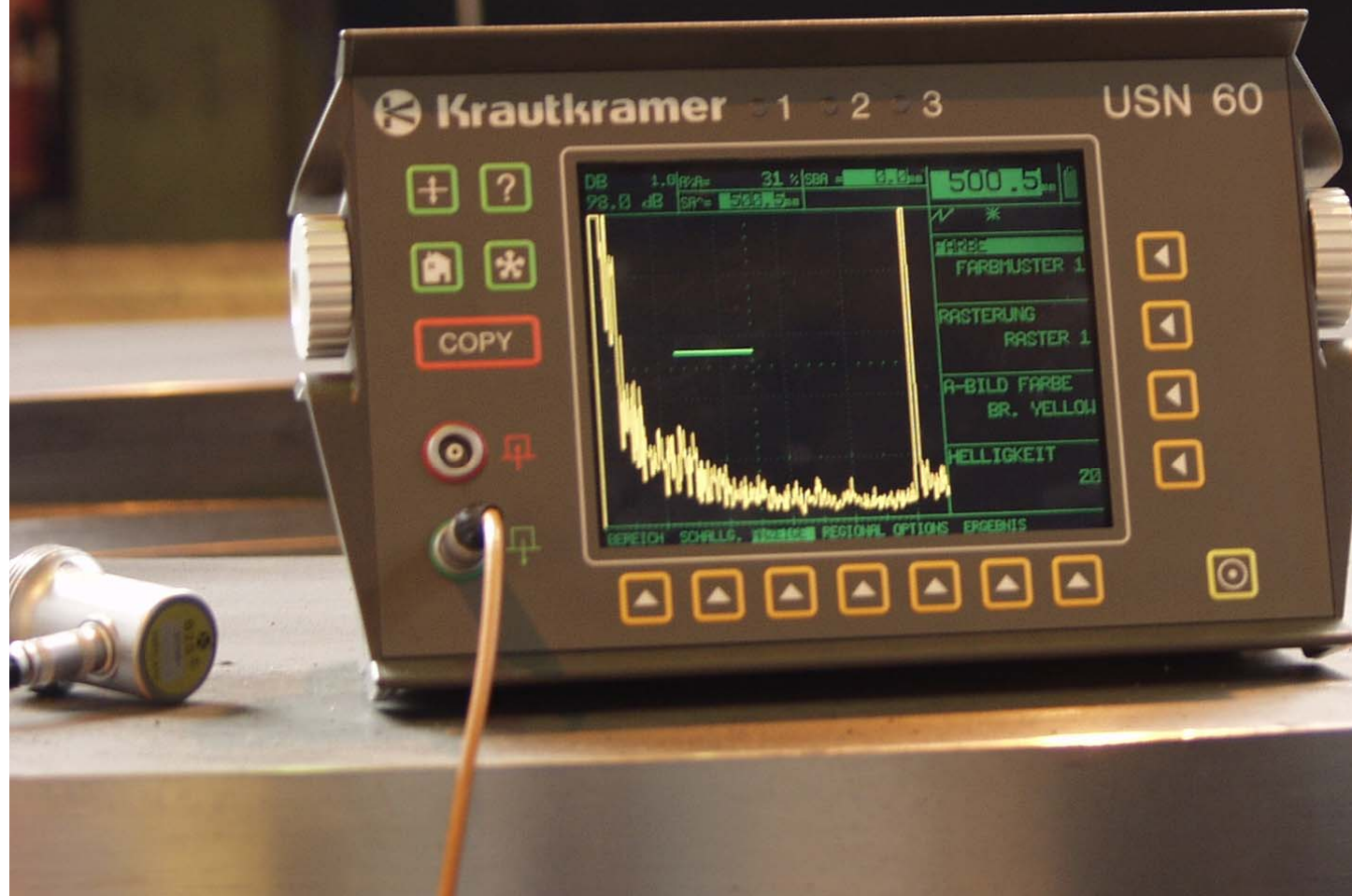


**DIRETO**

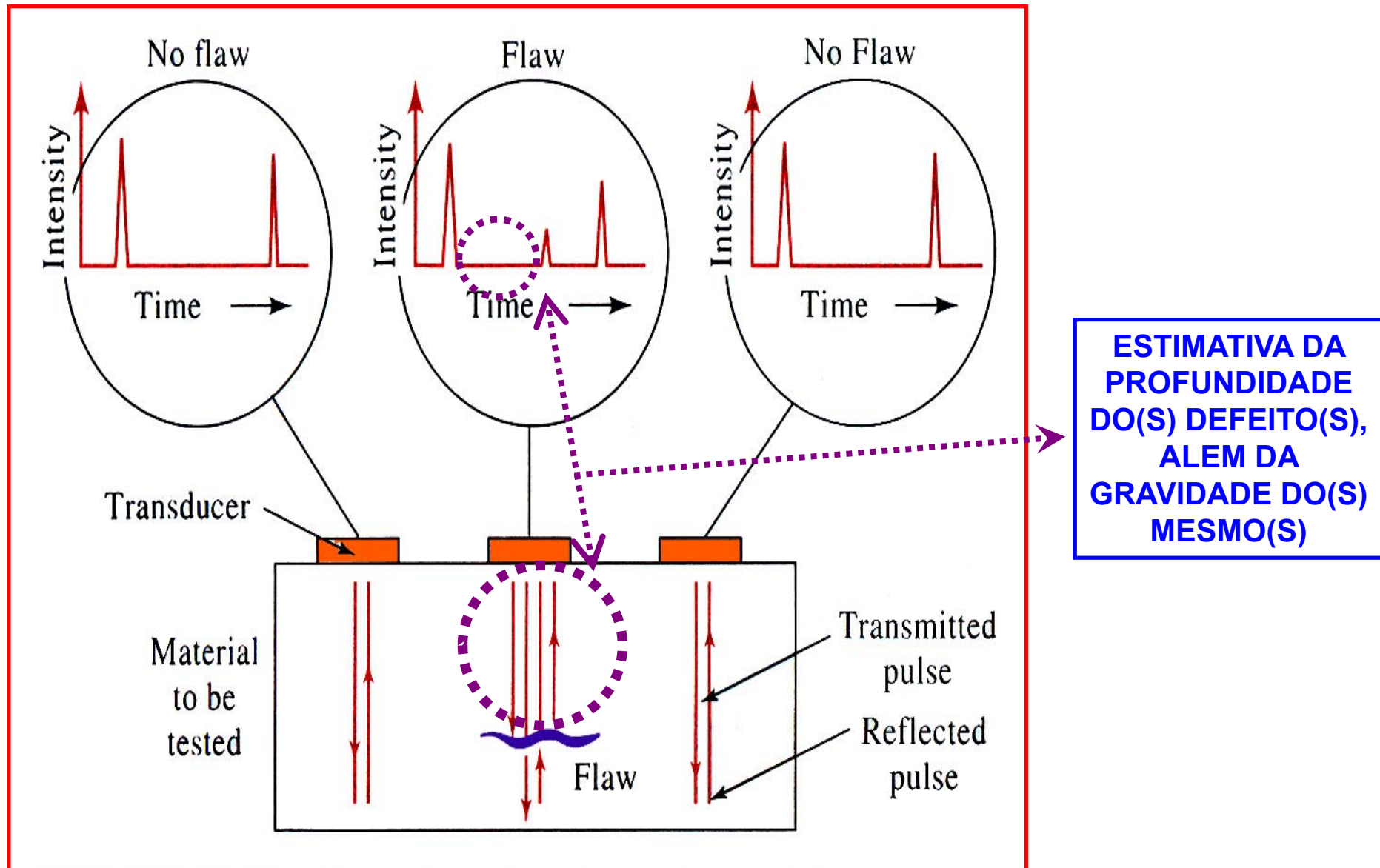


**EM ÂNGULO**

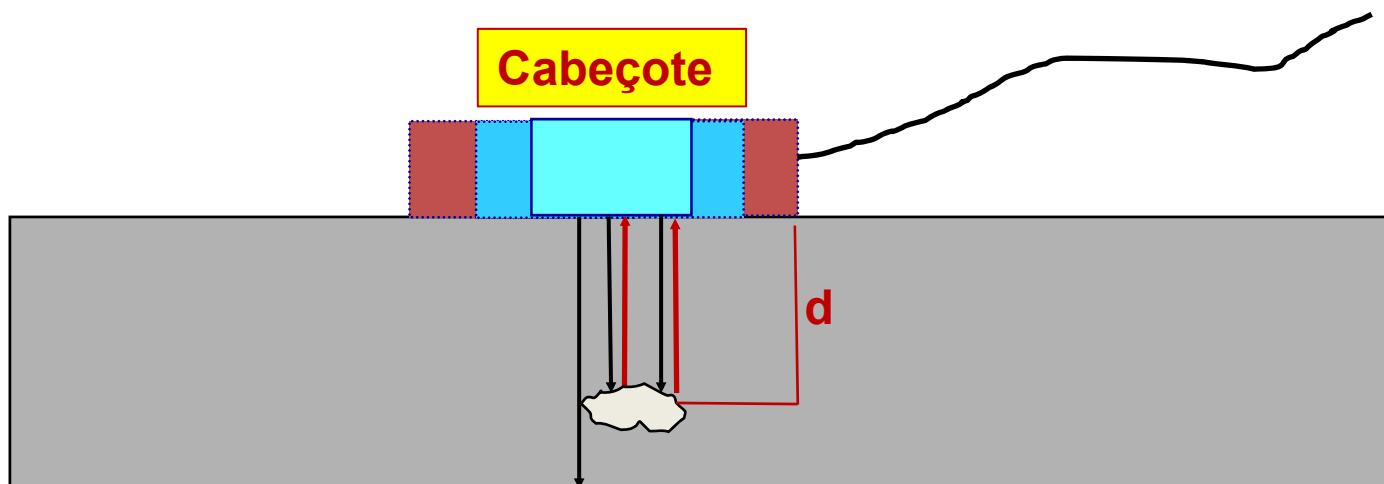
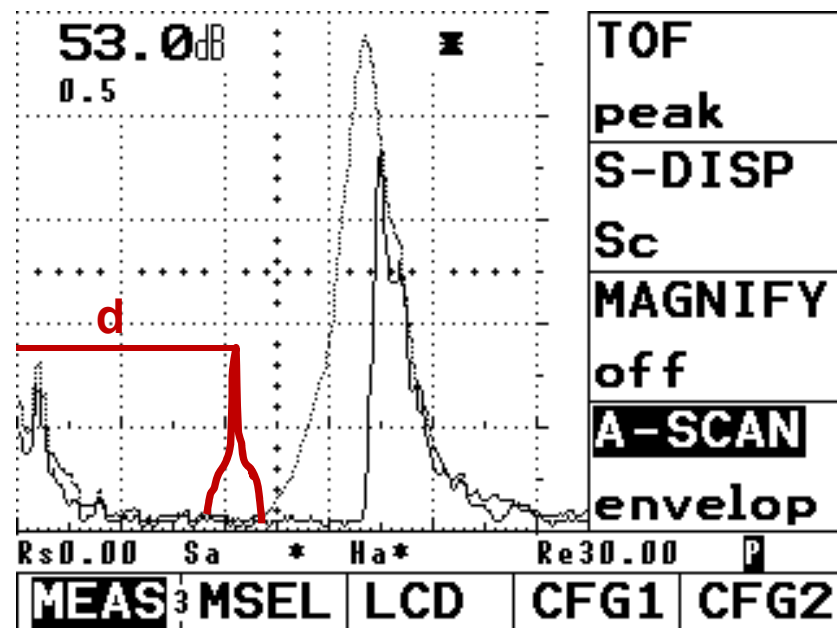
# USN 60



## ***TÉCNICA PULSO-ECO ou DE REFLEXÃO (MODO A DE VARREDURA)***

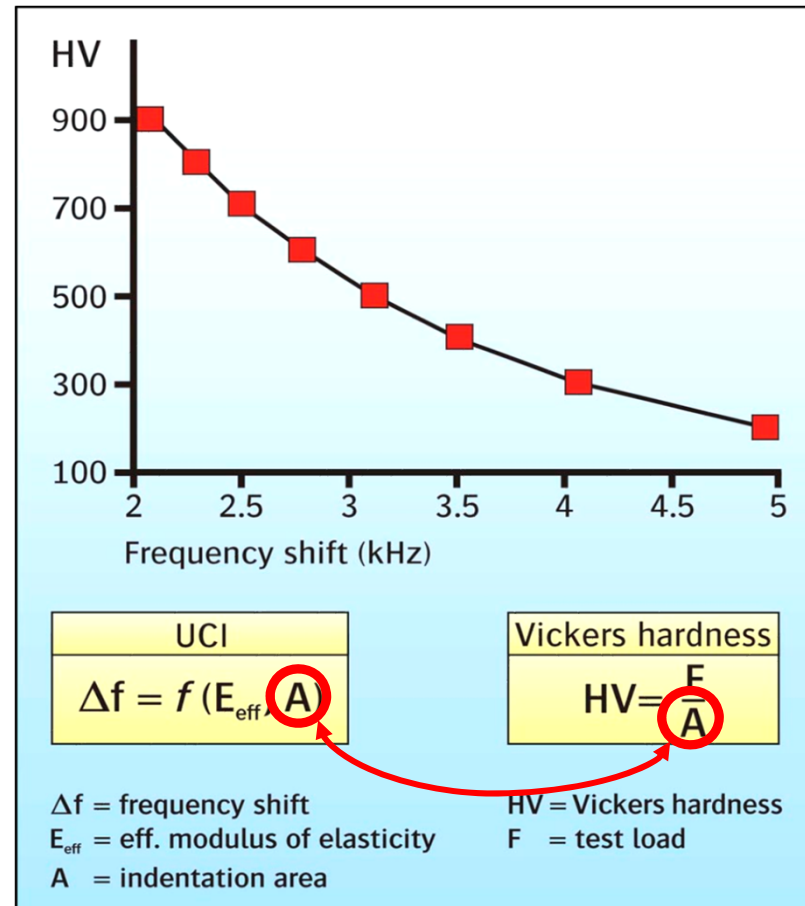
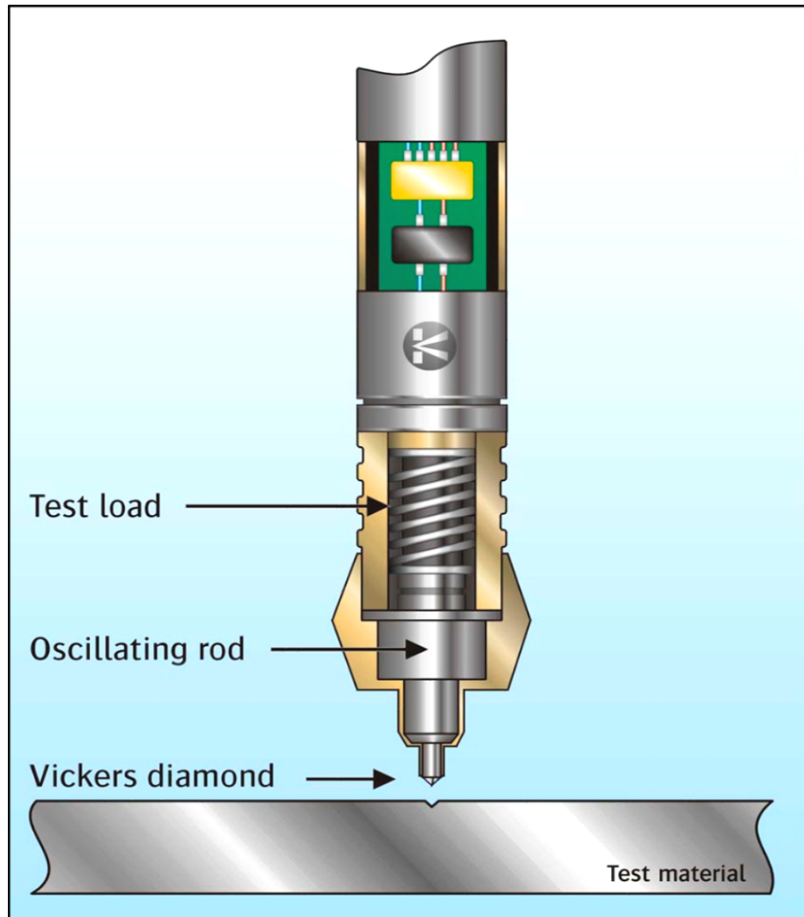


## DETECÇÃO DA DESCONTINUIDADE – APRESENTAÇÃO A-SCAN





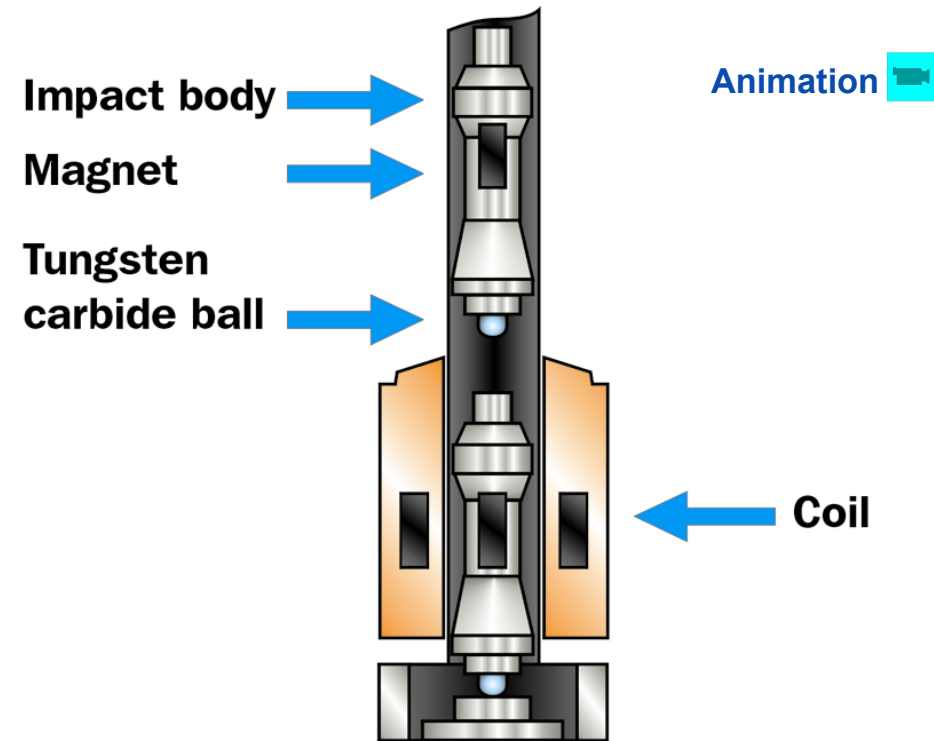
## MEDIDA DE DUREZA POR IMPEDÂNCIA ULTRASSÔNICA DE CONTATO (UCI)



Quanto maior for a penetração , maior será o acréscimo de “molas atômicas “ e consequentemente , maior o acréscimo na frequência de oscilação do disco.



# Princípio do rebote: diferença de energia potencial



**Cross-cut of a typical  
impact device**

# EQUIPAMENTOS

DynaPOCKET



DynaMIC



MIC 20



## APLICAÇÃO



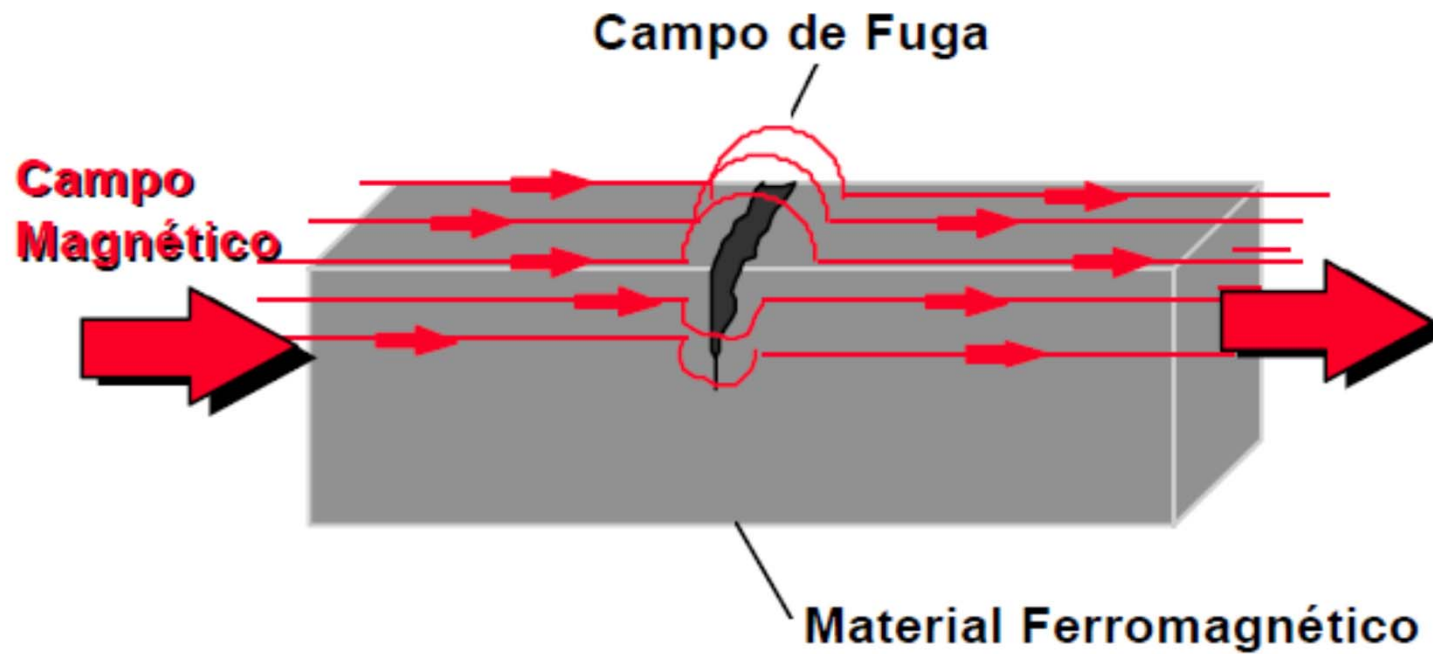
## MEDIDORES DE ESPESSURA POR ULTRASSOM



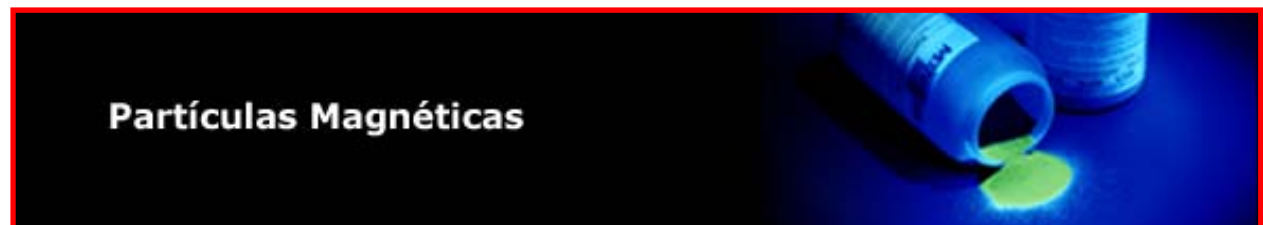
# Partículas Magnéticas



# PARTÍCULAS MAGNÉTICAS “MAGNAFLUX”

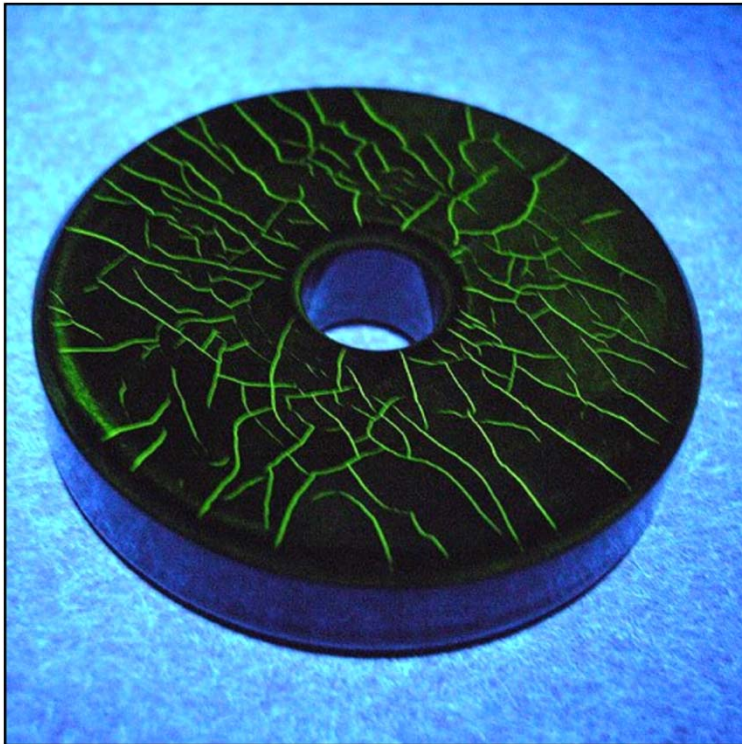


Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert



Partículas Magnéticas

# PARTÍCULAS MAGNÉTICAS FLUORESCENTE



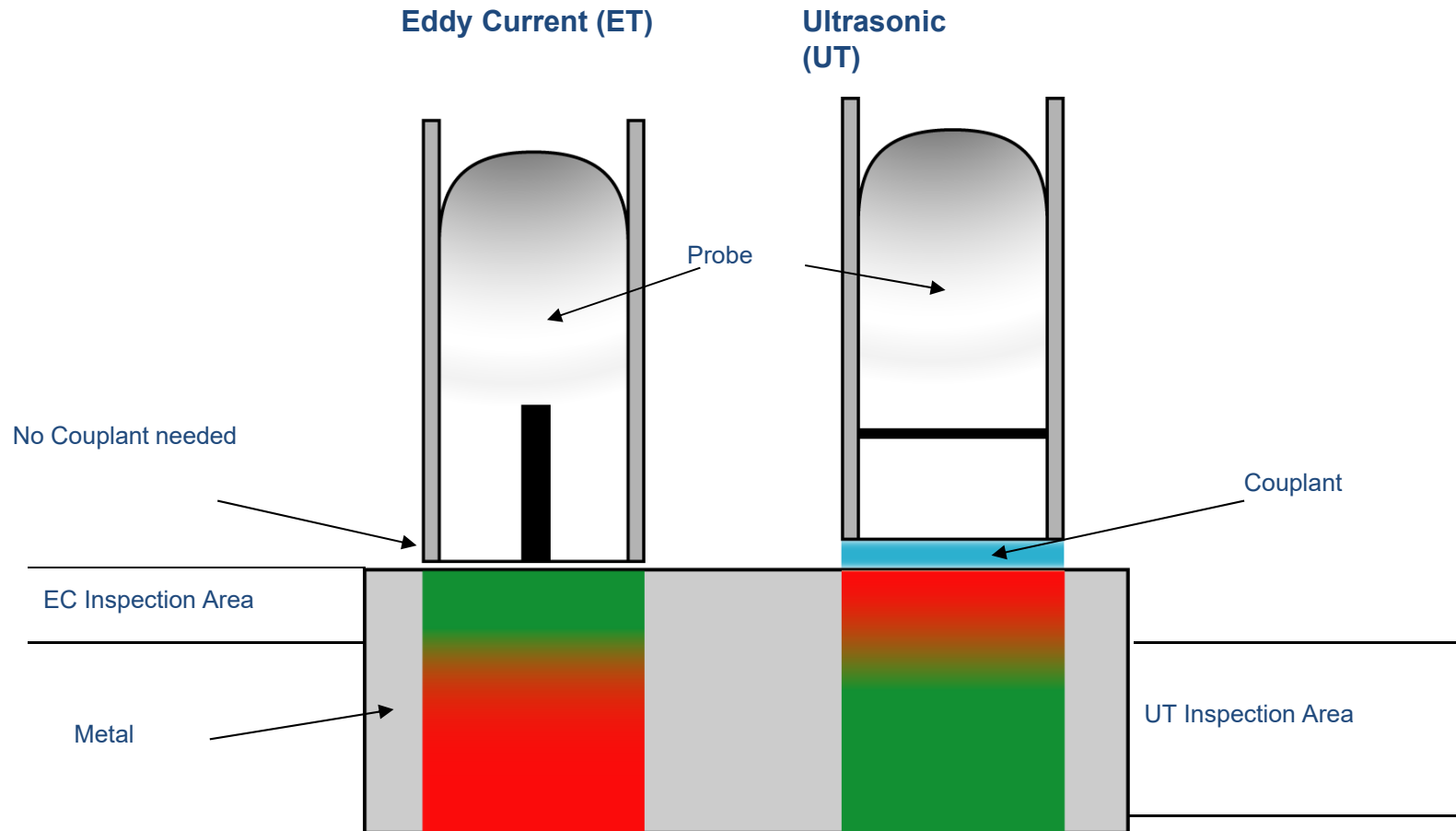
**Figure 4.** An Inspector Performing a Magnetic Particle Inspection of a Component.

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

# Correntes Parasitas

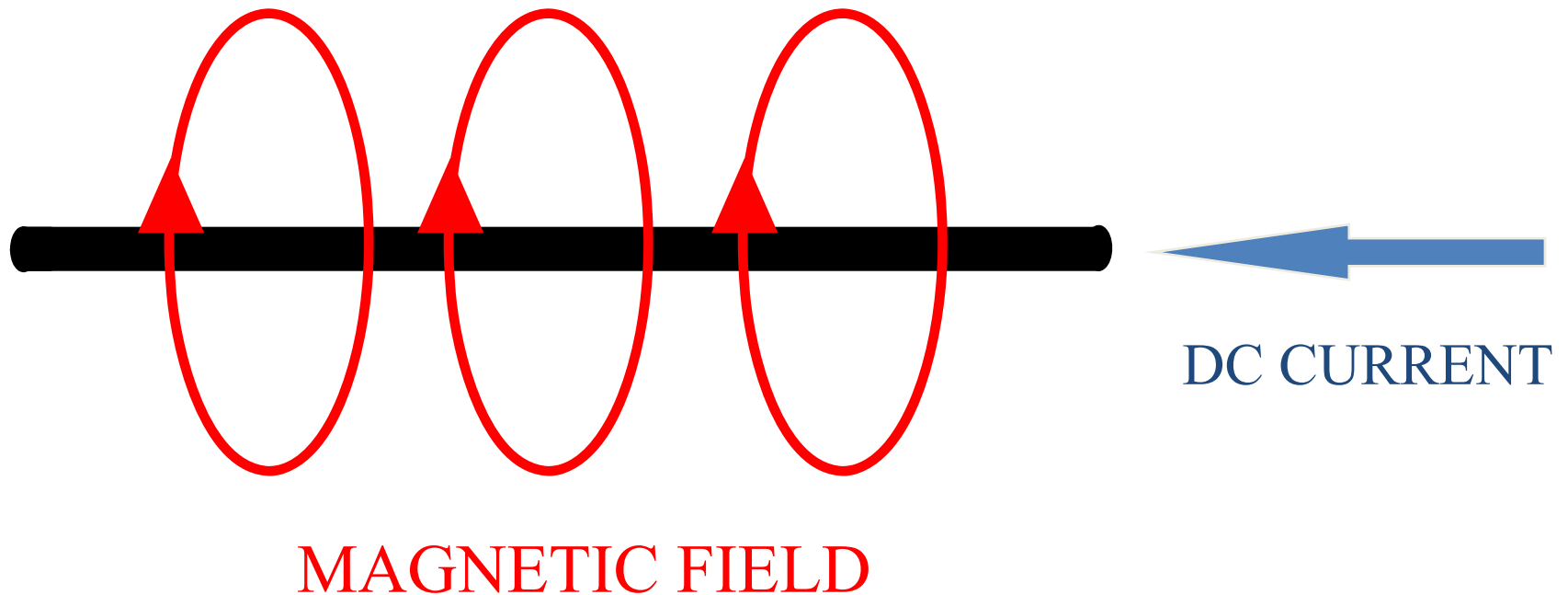
**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**

# CORRENTES PARASITAS ( EDDY CURRENT) e Ultrassom

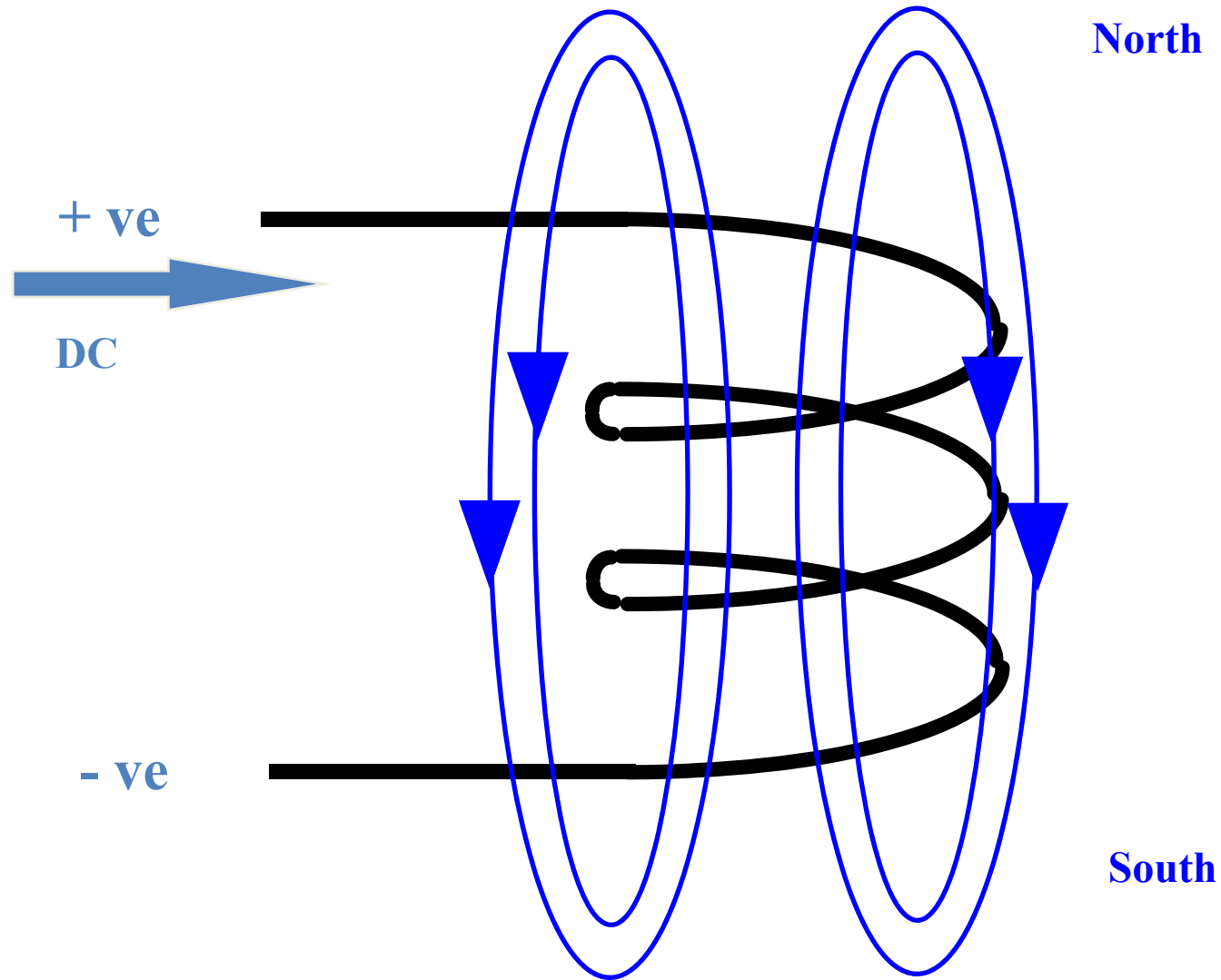




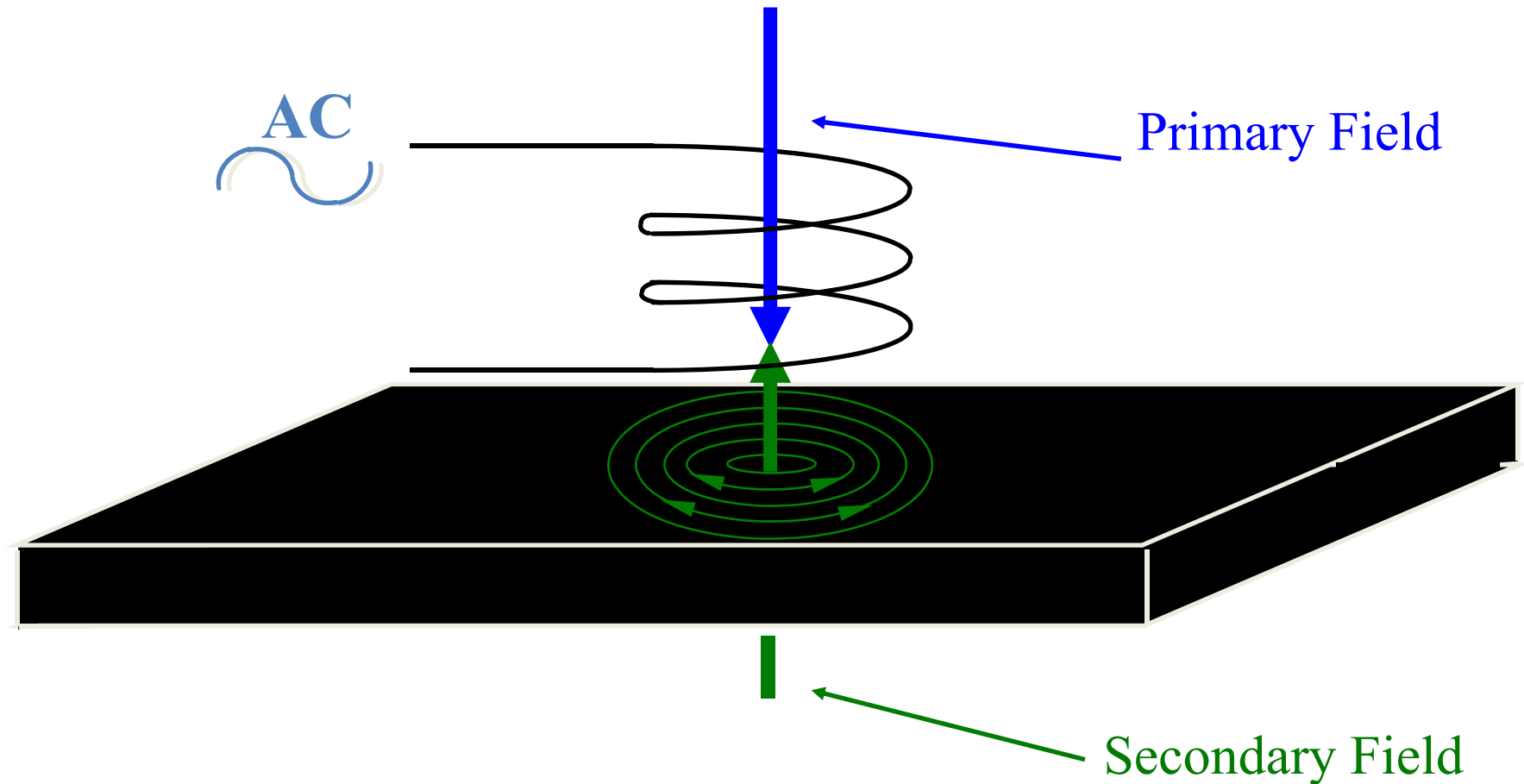
# Magnetic Effect of an Electrical Current



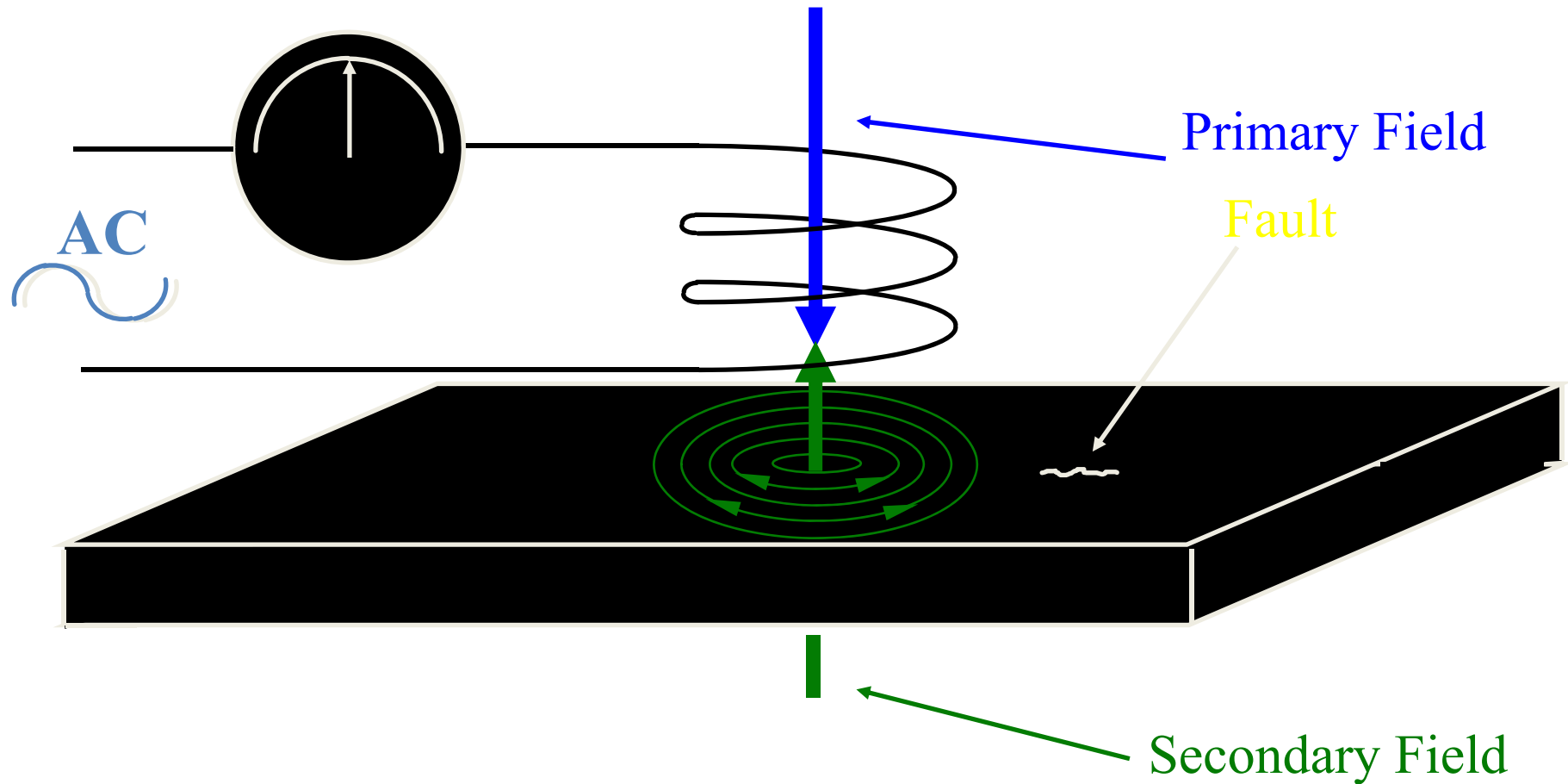
# Magnetic Field of a Coil



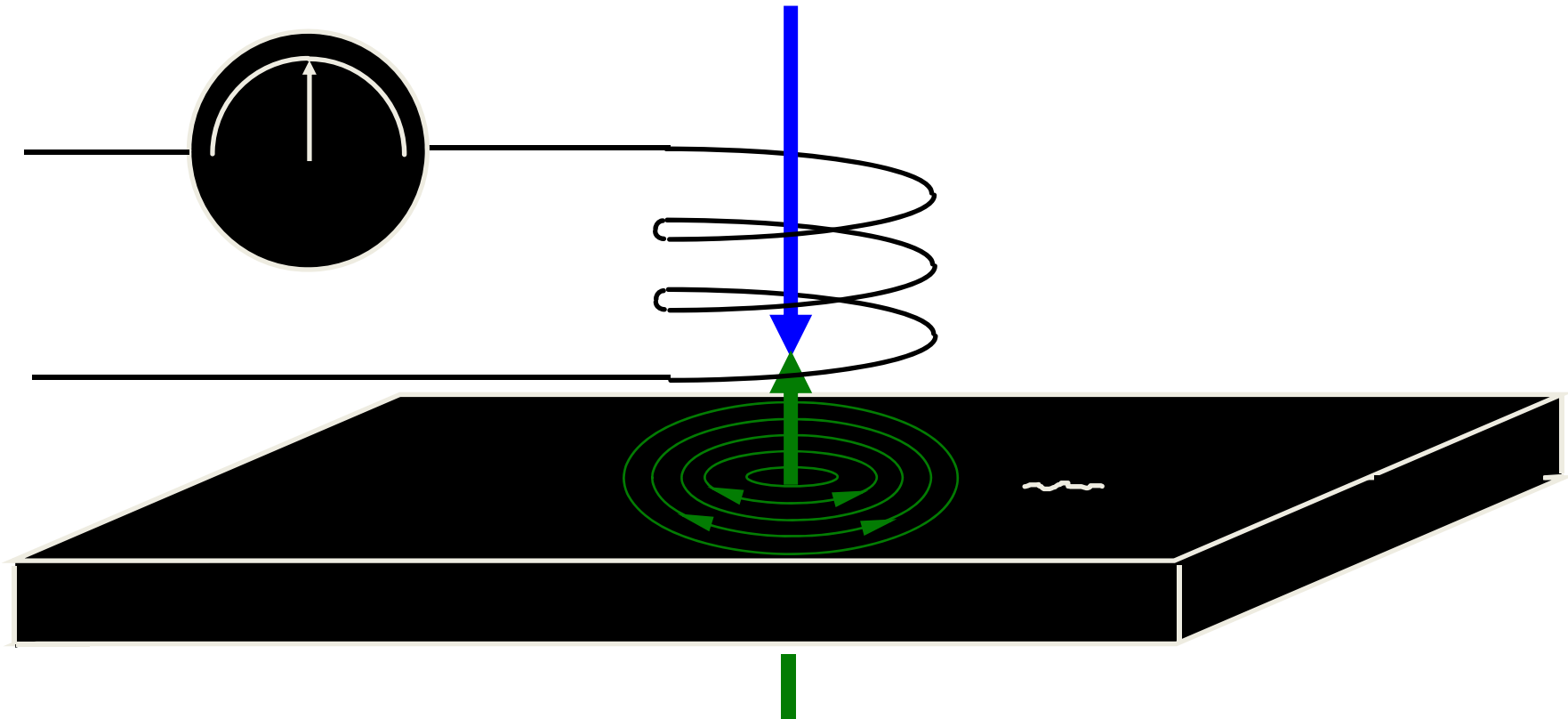
# How Eddy Currents are Induced



# Eddy Current Flaw Detection :-

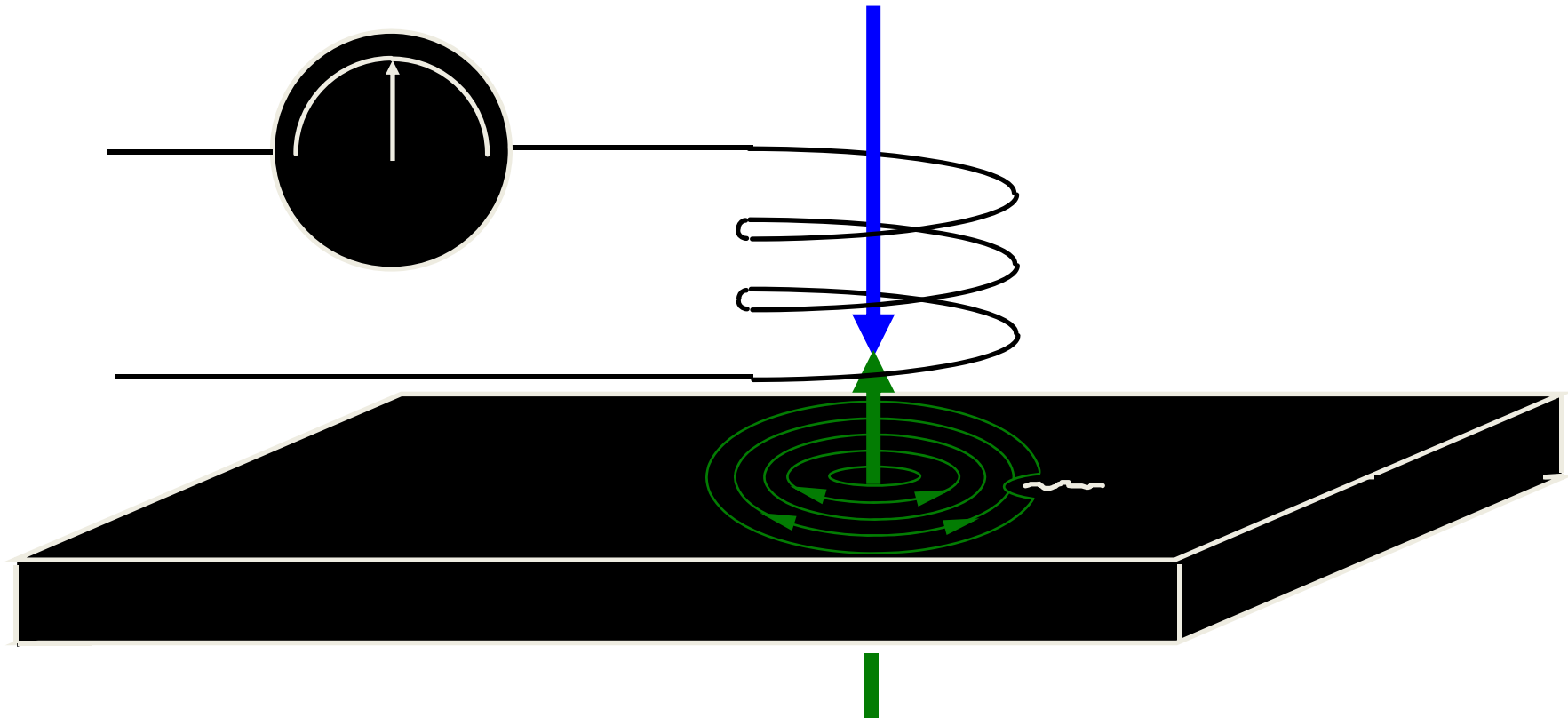


# Eddy Current Flaw Detection :-

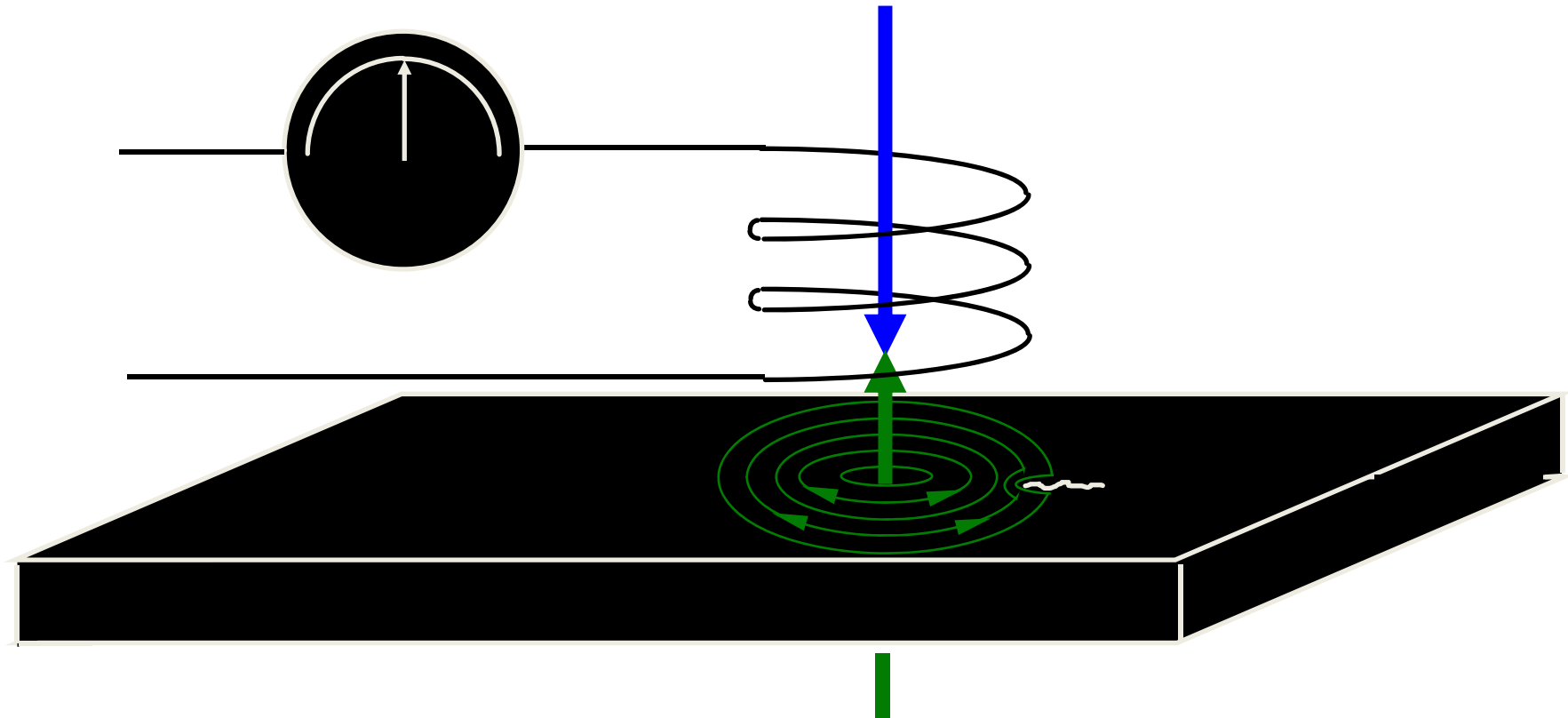




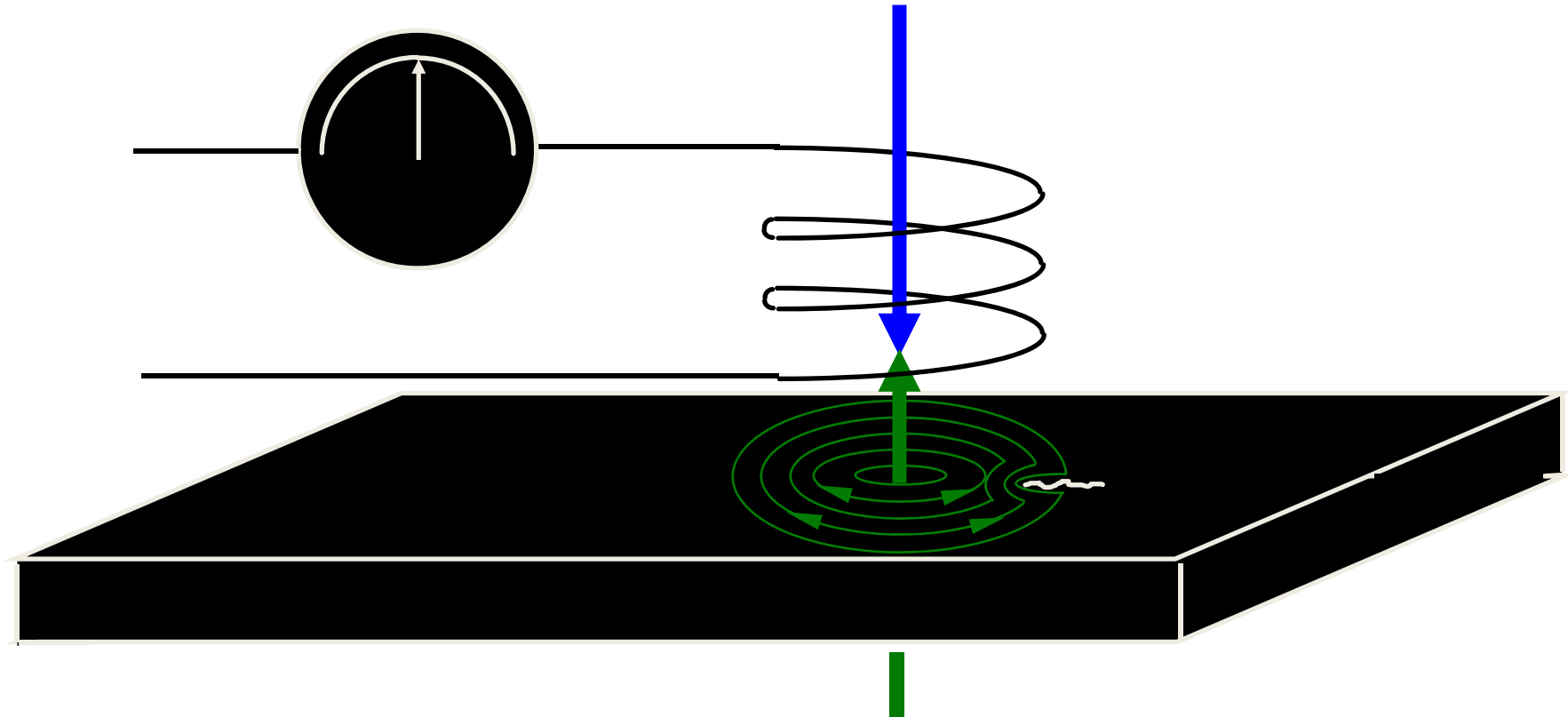
# Eddy Current Flaw Detection :-



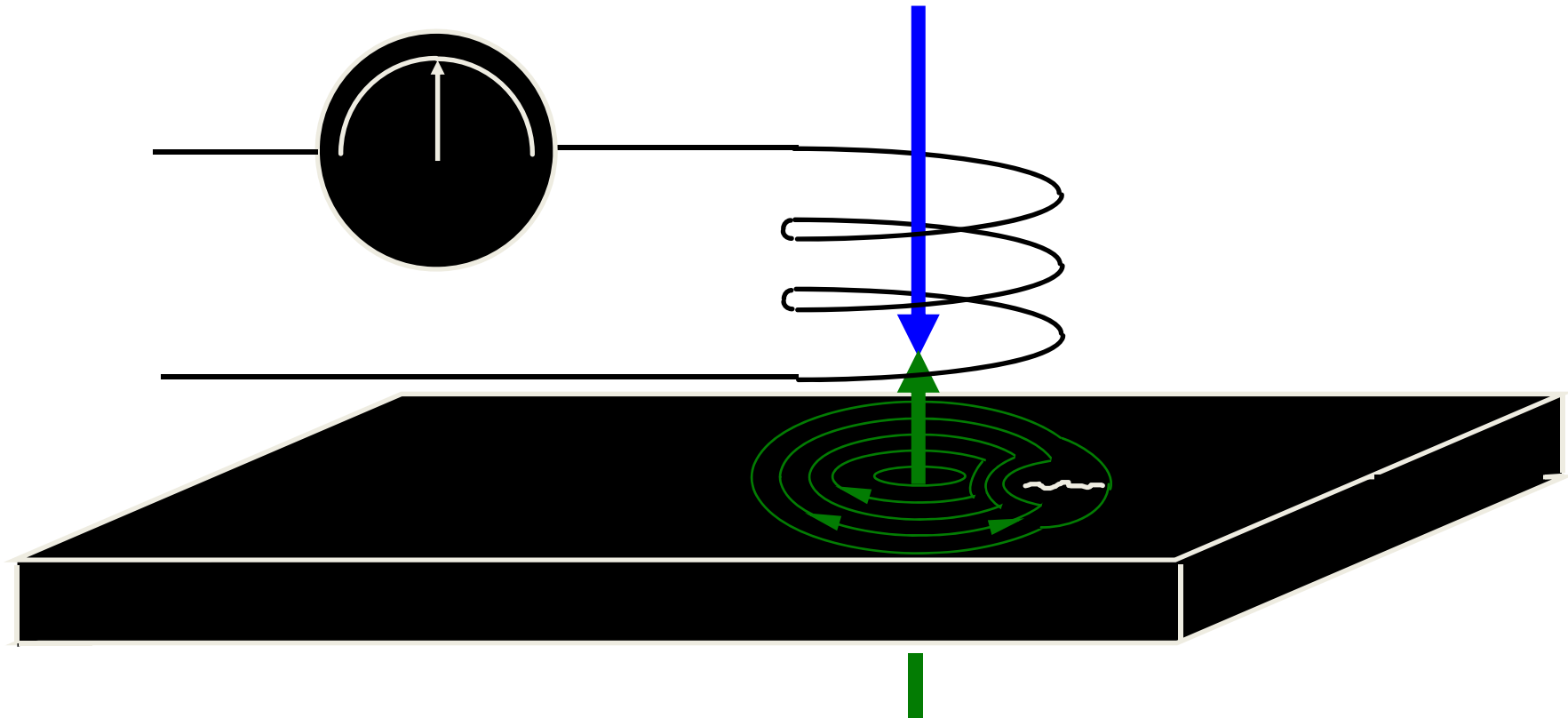
# Eddy Current Flaw Detection :-



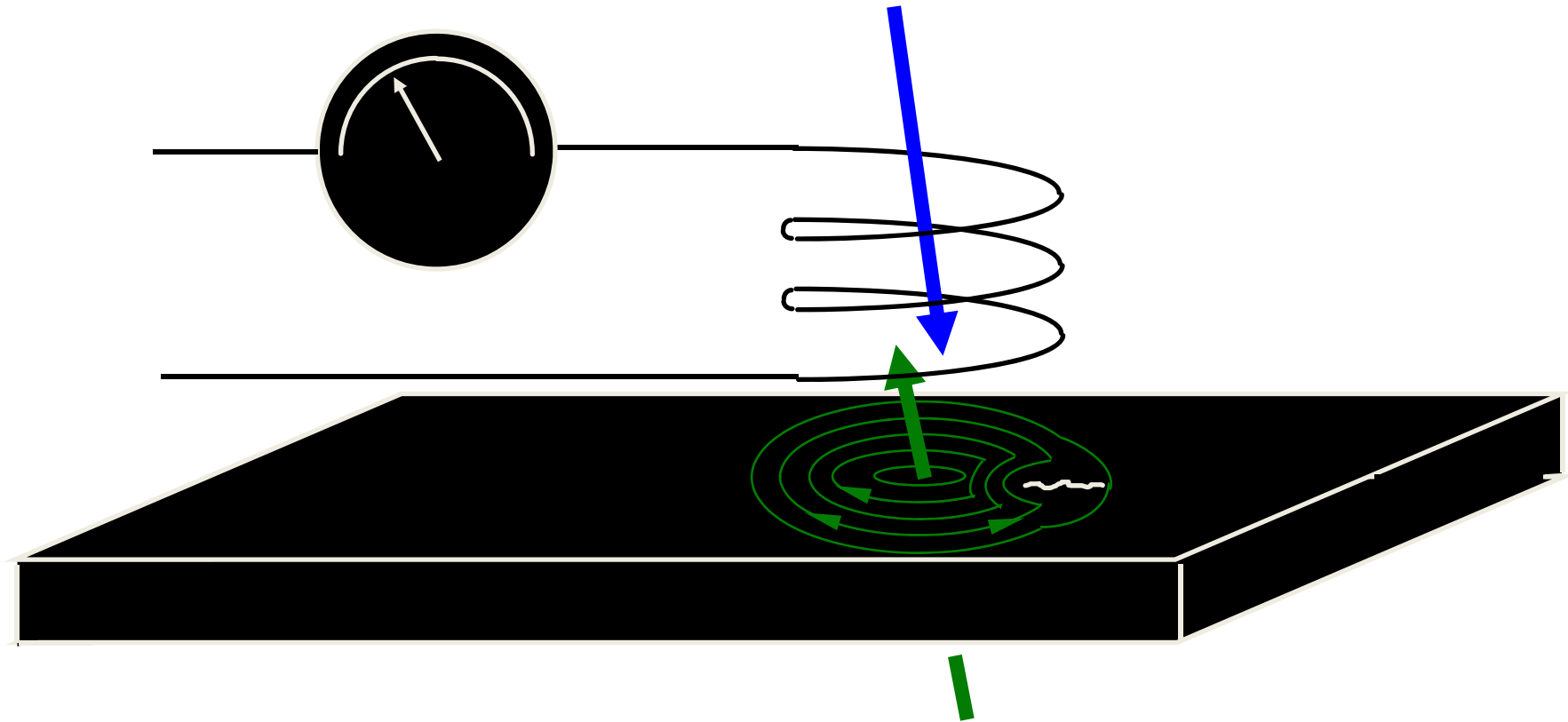
# Eddy Current Flaw Detection :-



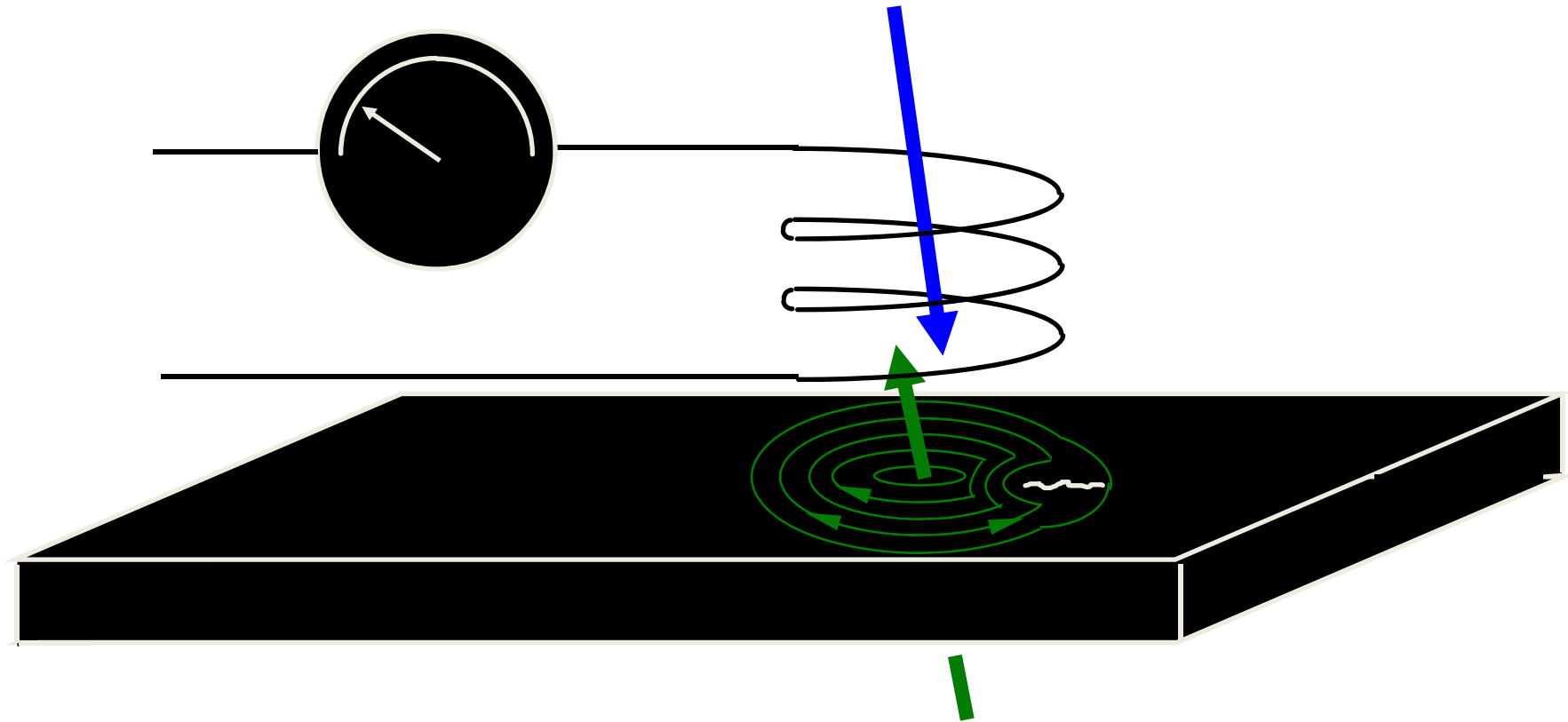
# Eddy Current Flaw Detection :-



# Eddy Current Flaw Detection :-

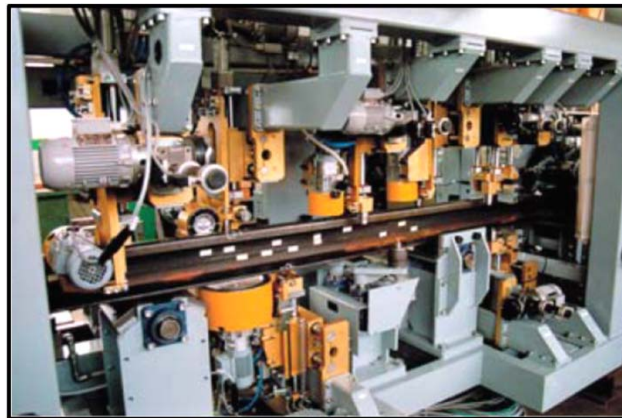
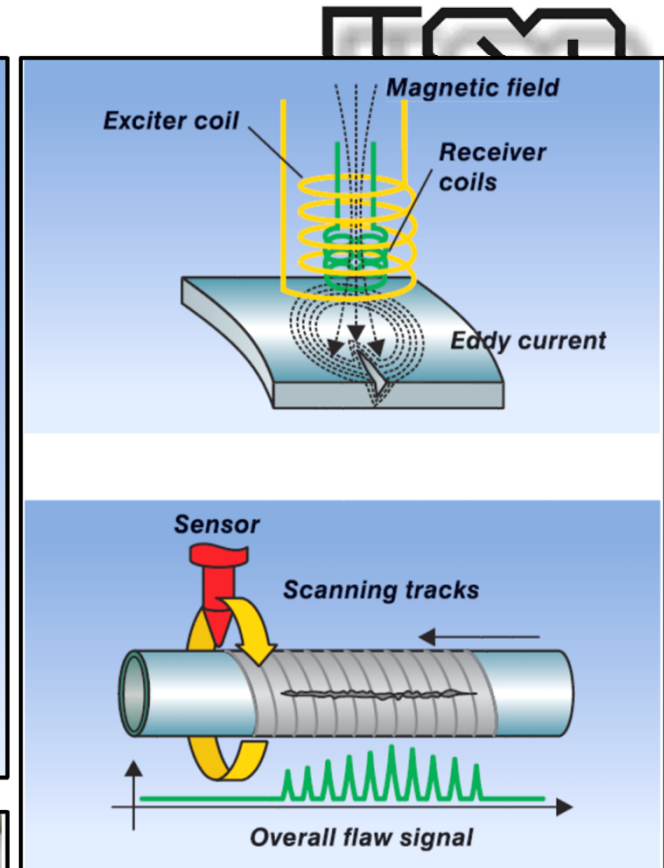
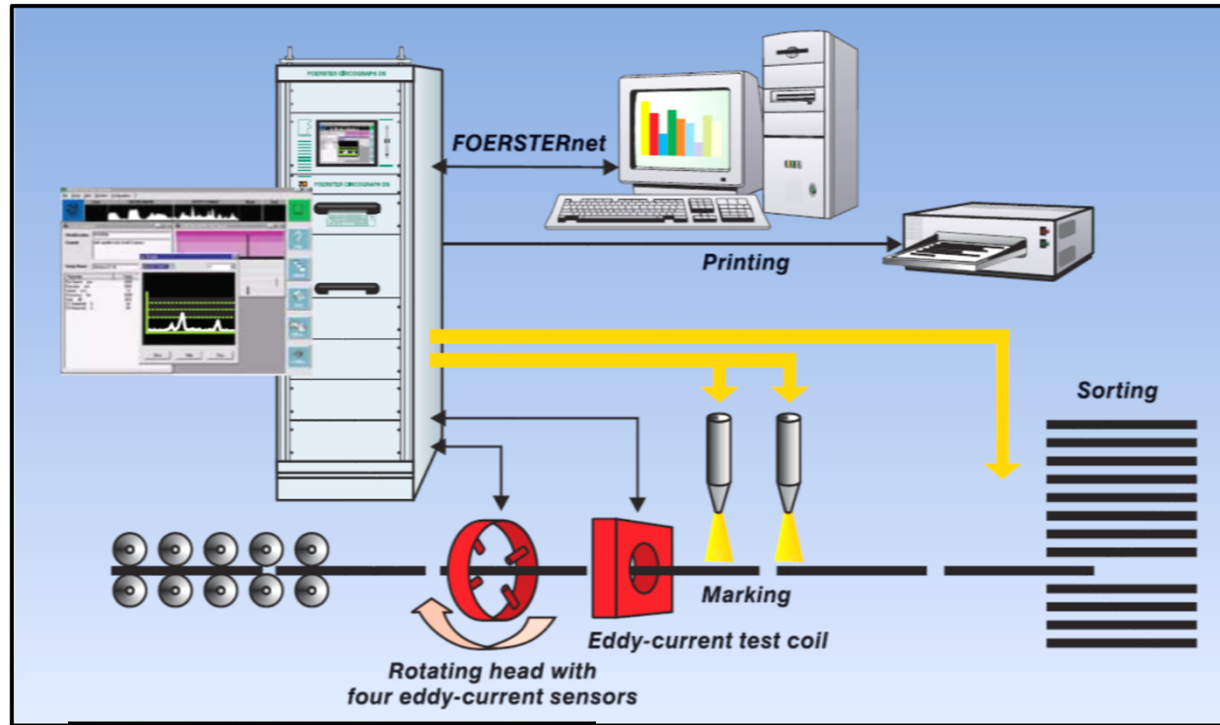


# Eddy Current Flaw Detection :-





## Circograph- Eddy current



Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert

# Principais Cabeçotes de Corrente Parasita



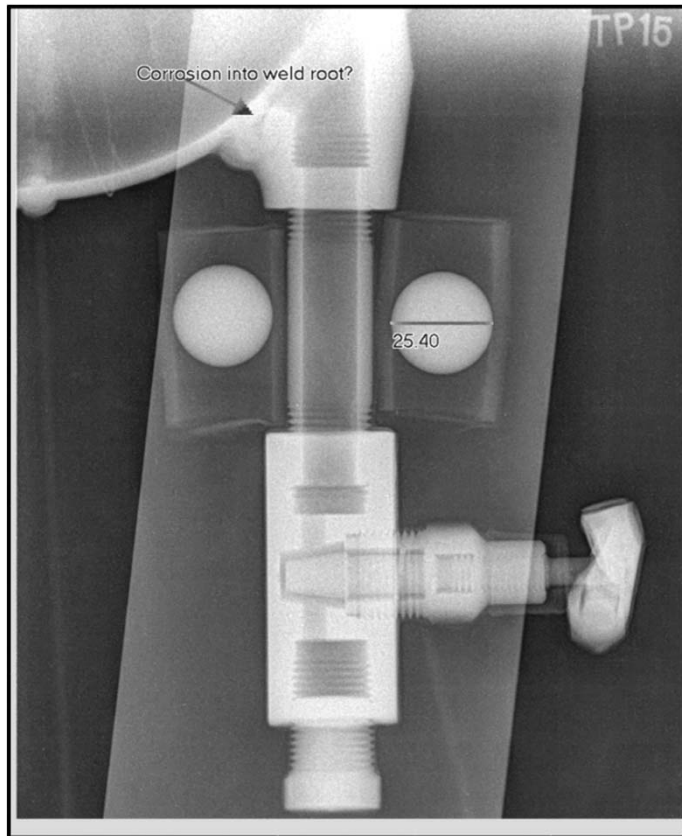
# Aplicações em Inspeção

Uma das maiores vantagens do uso de correntes parasitas em END é a variedade de inspeções e aplicações que pode ser realizado. Os seguintes slides demonstram estas capacidades.

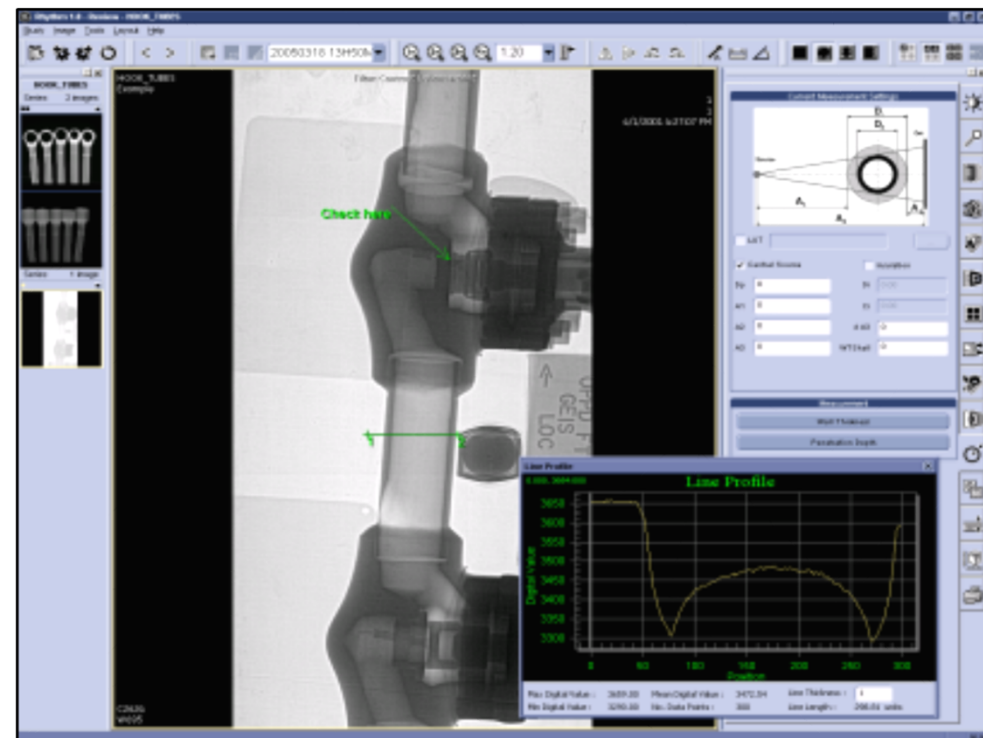


# Radiografia





# RADIOGRAFIA INDUSTRIAL



# Radiografia computadorizada

## Storage Phosphor Scanner Systems

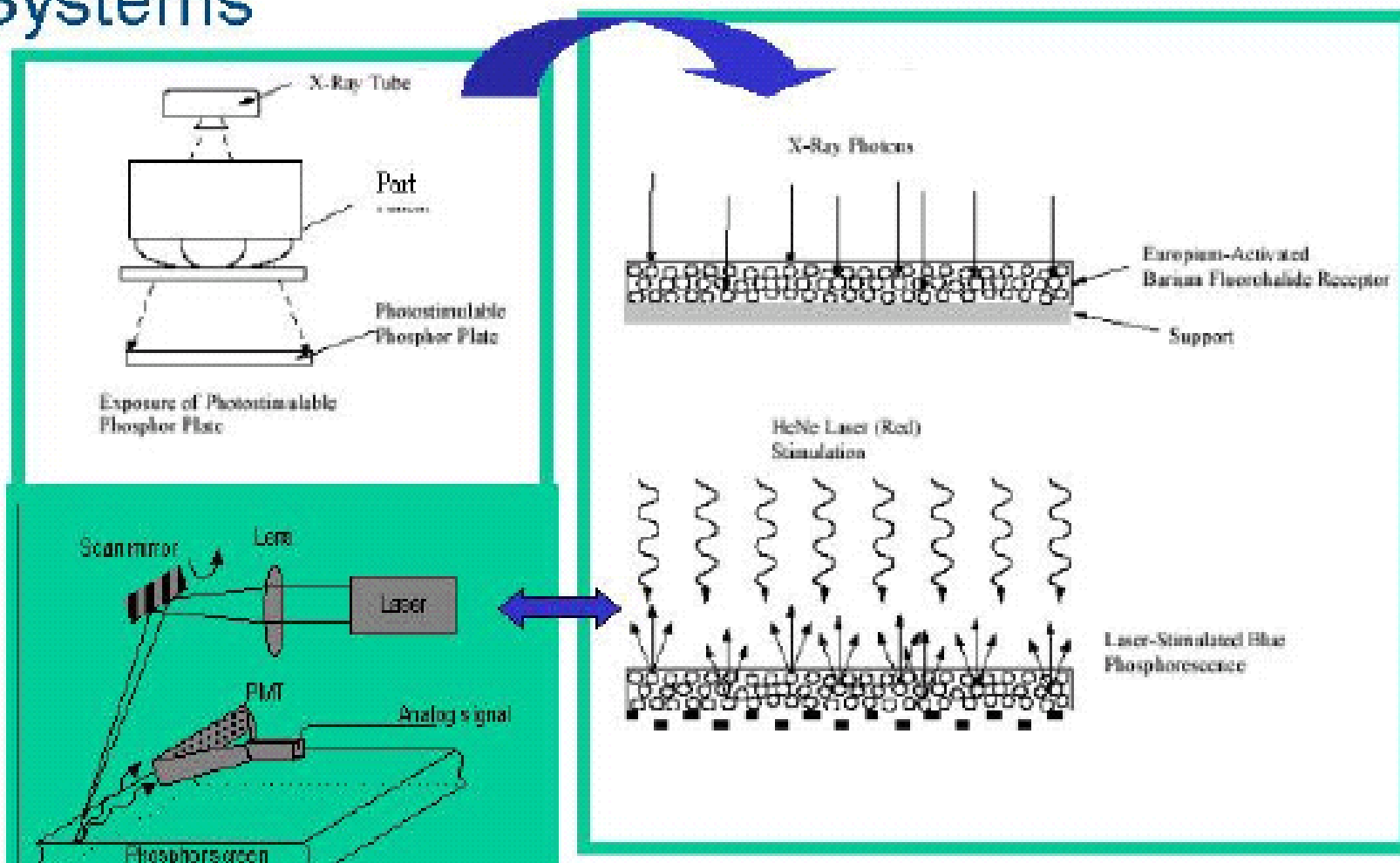
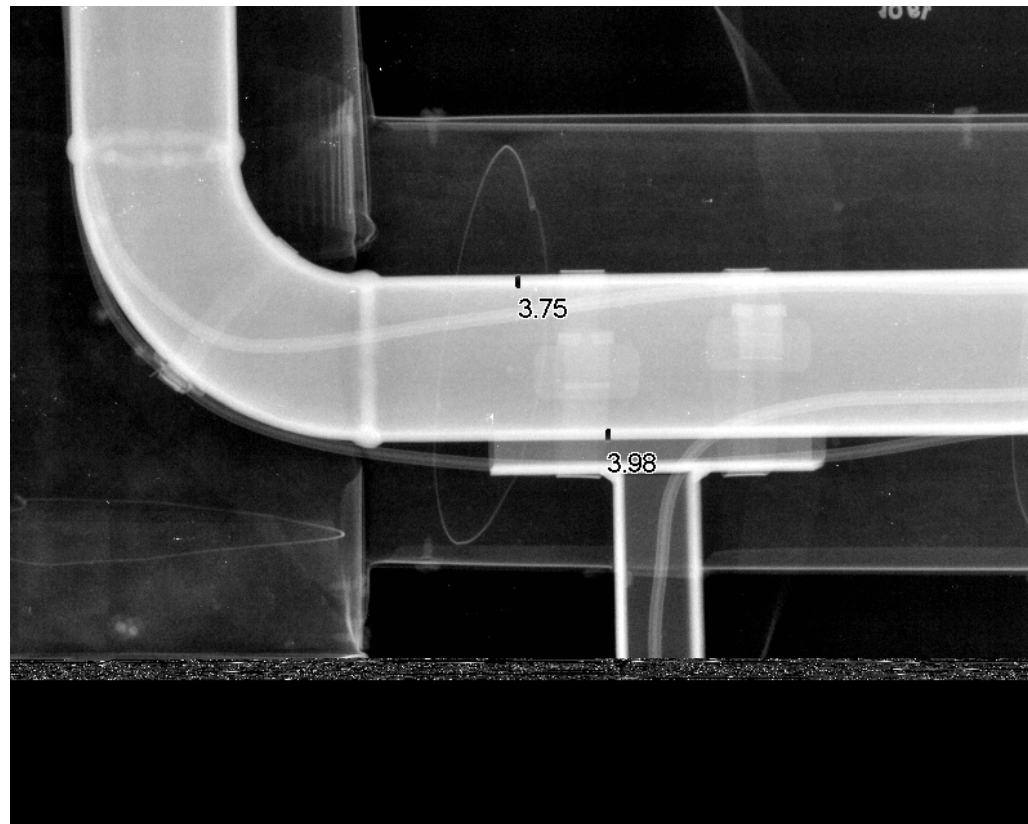
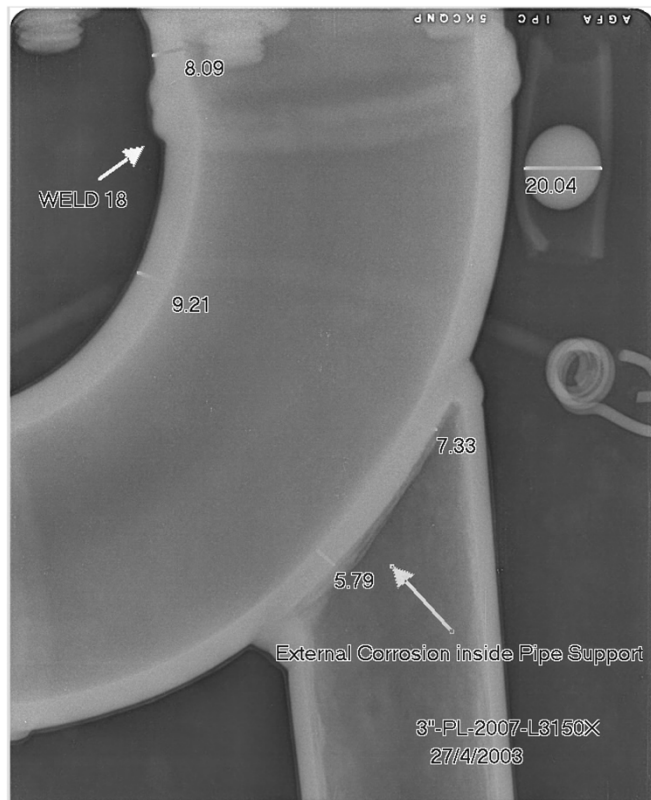


Figura 19- Fenomenologia da Radiografia Computadorizada.



# Dimensionamento de corrosão interna em dutos.



# TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Figure A.2. The electromagnetic spectrum.

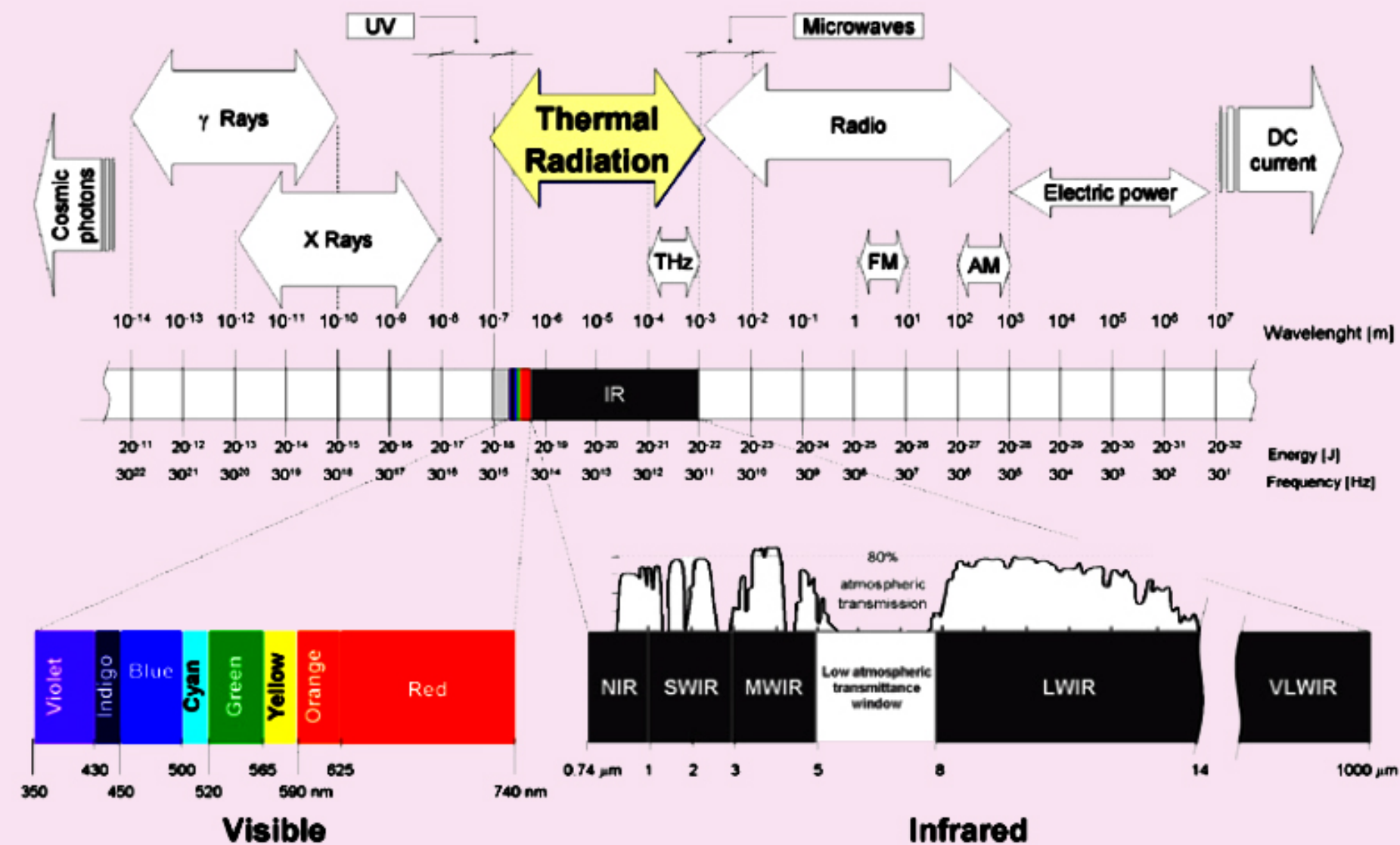
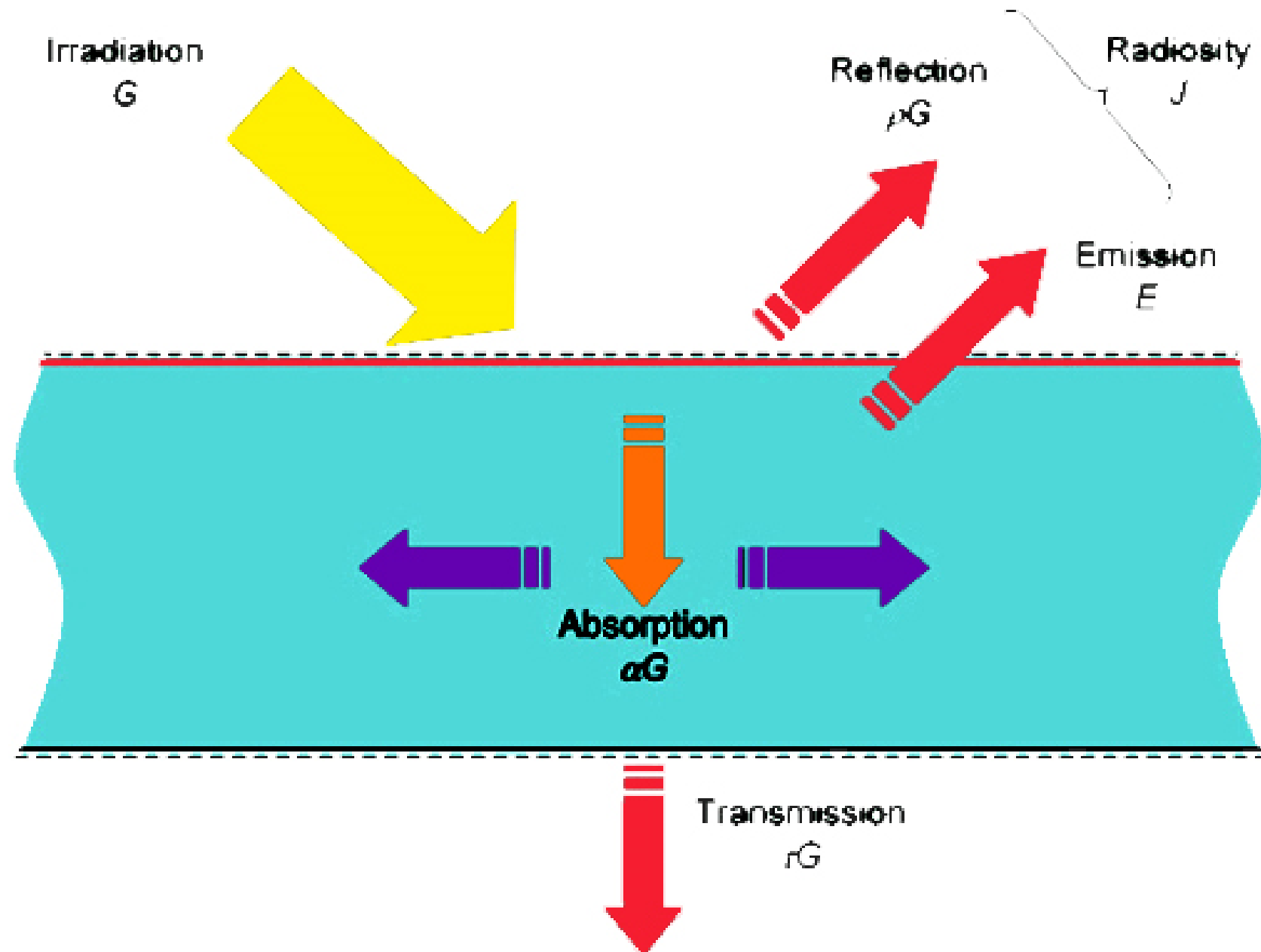
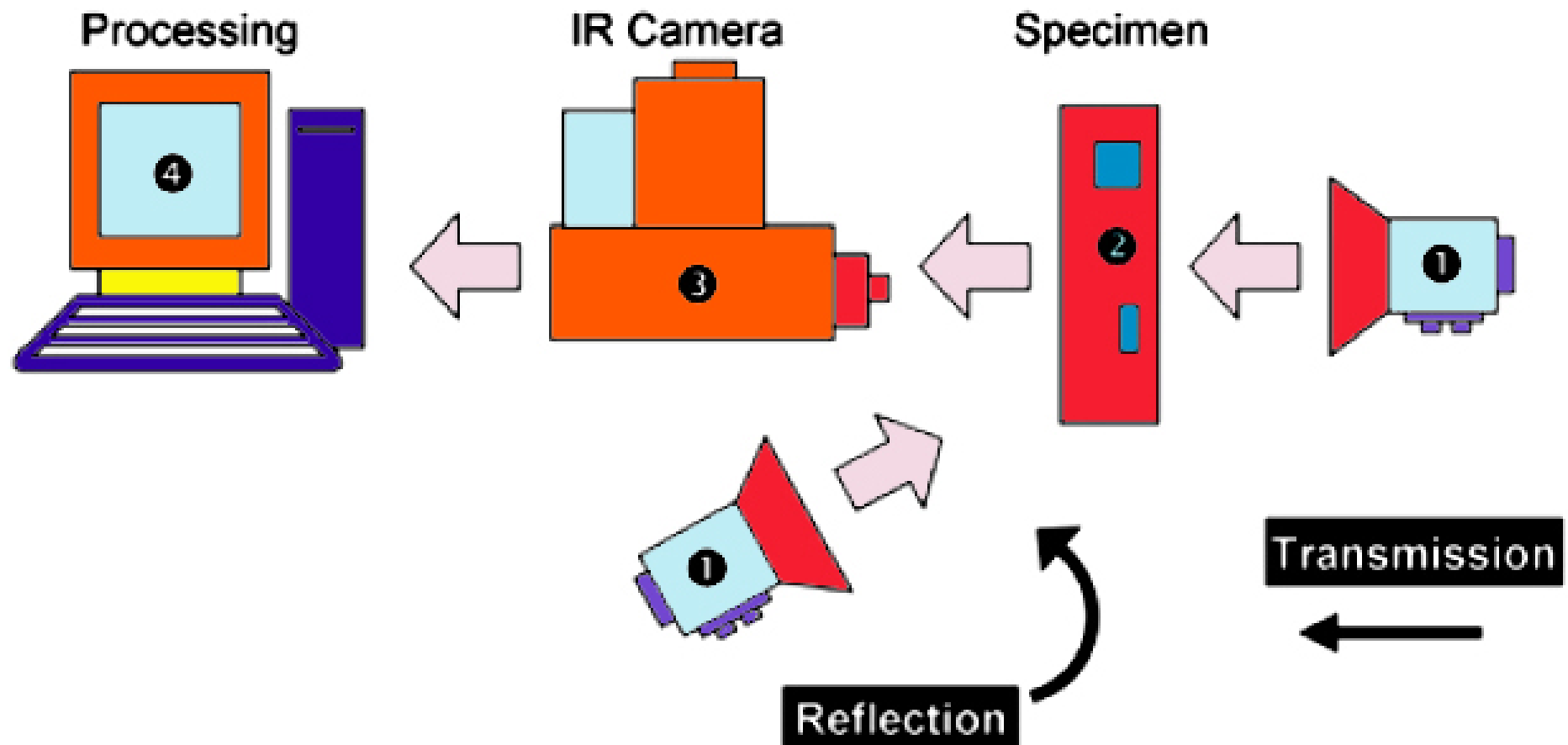


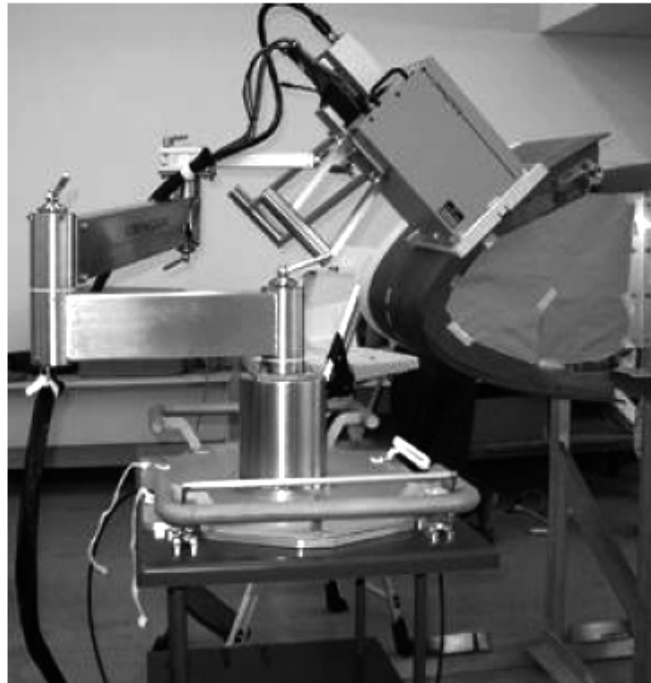
Figure A.4. Energy balance in a semitransparent medium.



**Figure •1.3. Experimental configuration in active thermography in reflection and transmission:**



① Heat source, ② specimen, ③ IR camera, and ④ PC for data display, recording and processing.



(a)

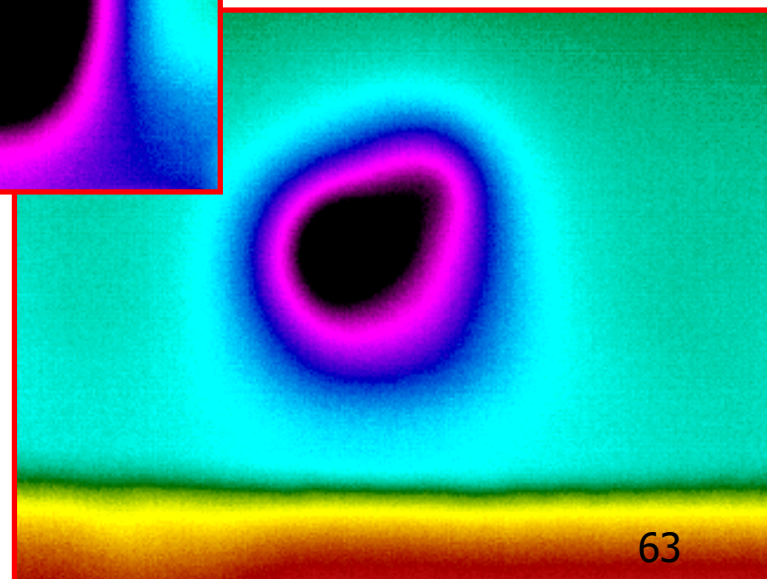
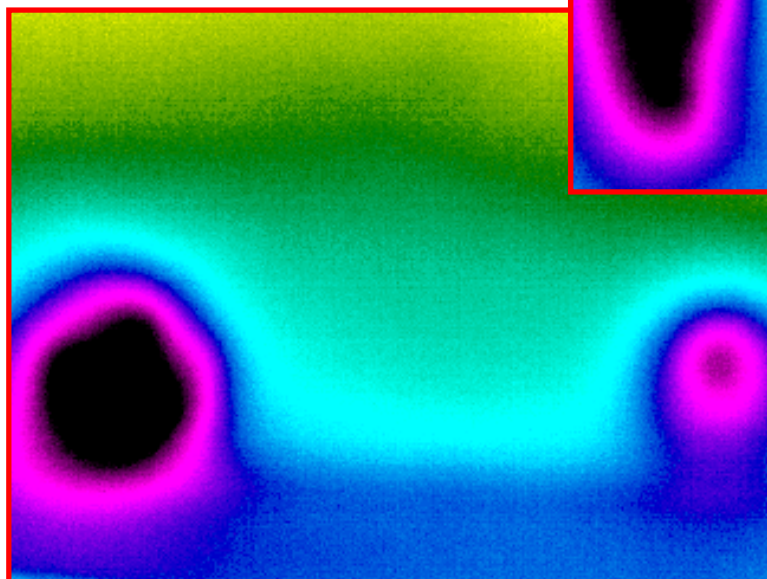
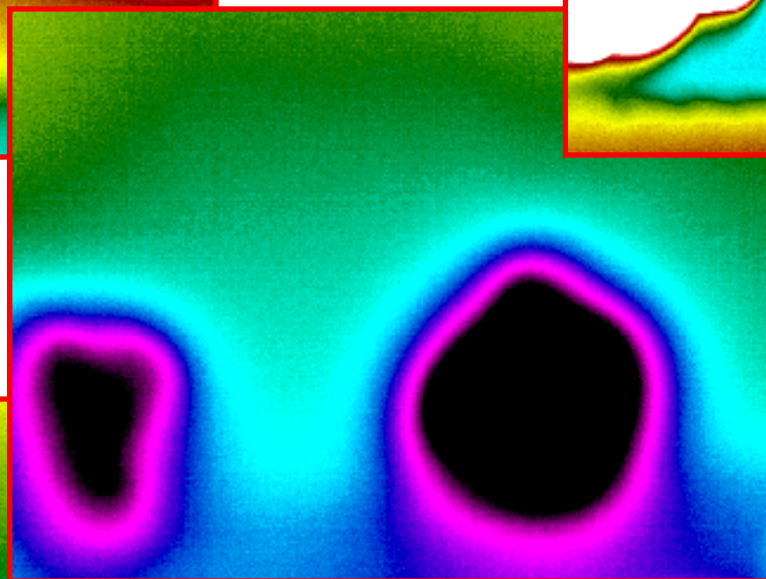
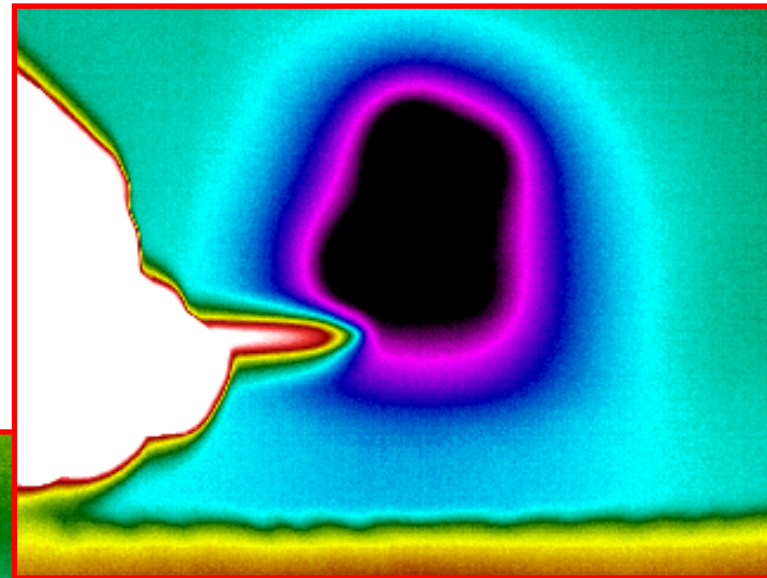
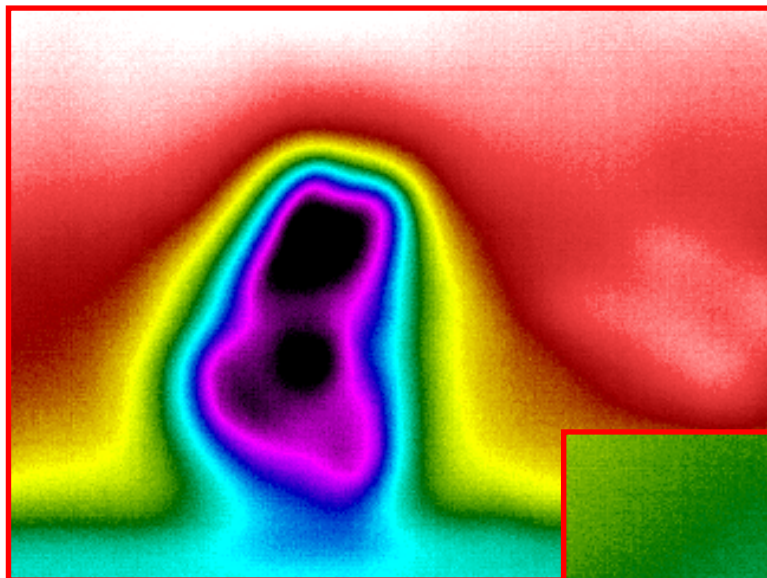


(b)

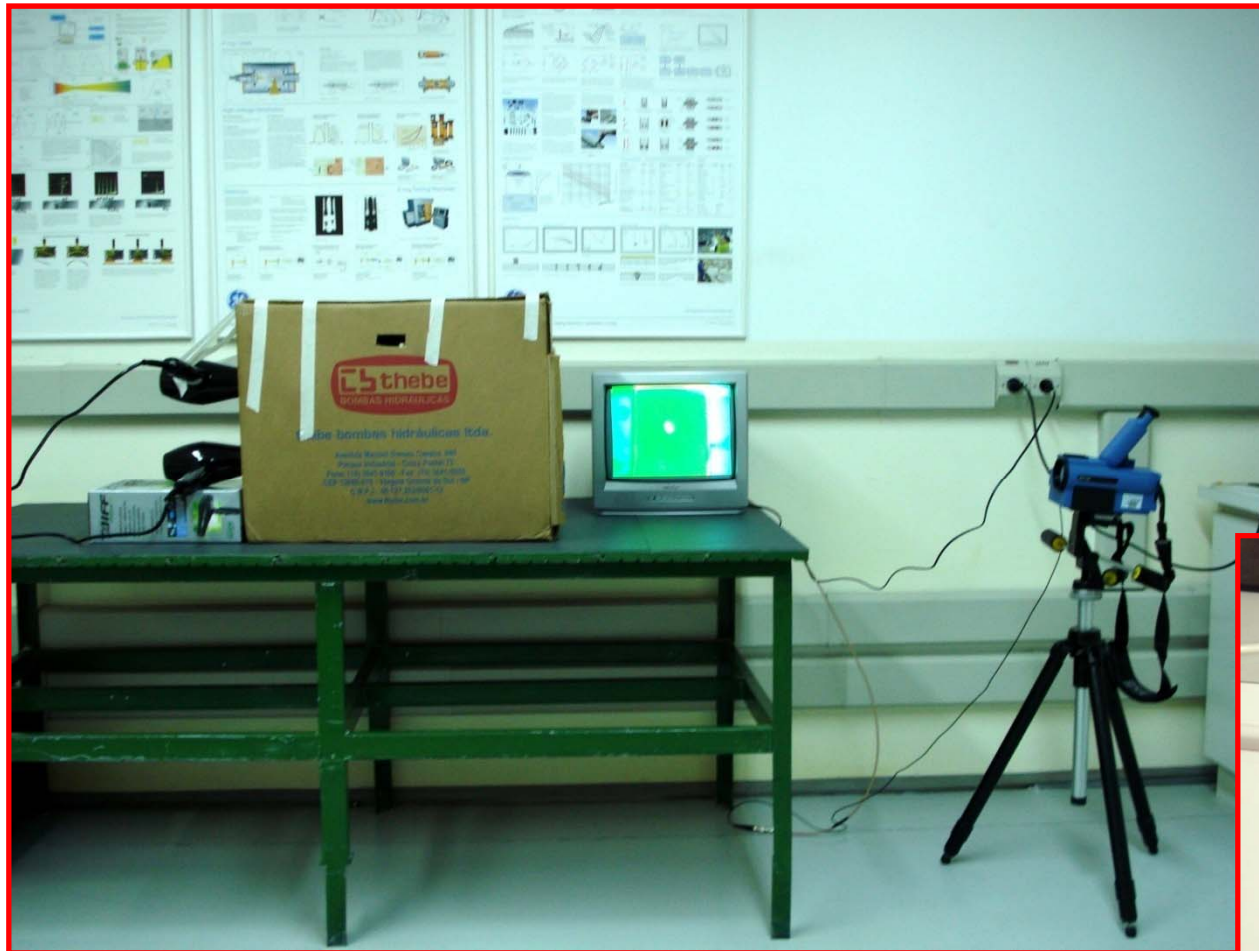
**Figure 7** – Photographs of both the (a) “straight” and the (b) “right angle” hoods performing the validation inspection on RCC wing leading edge Panel 11L.

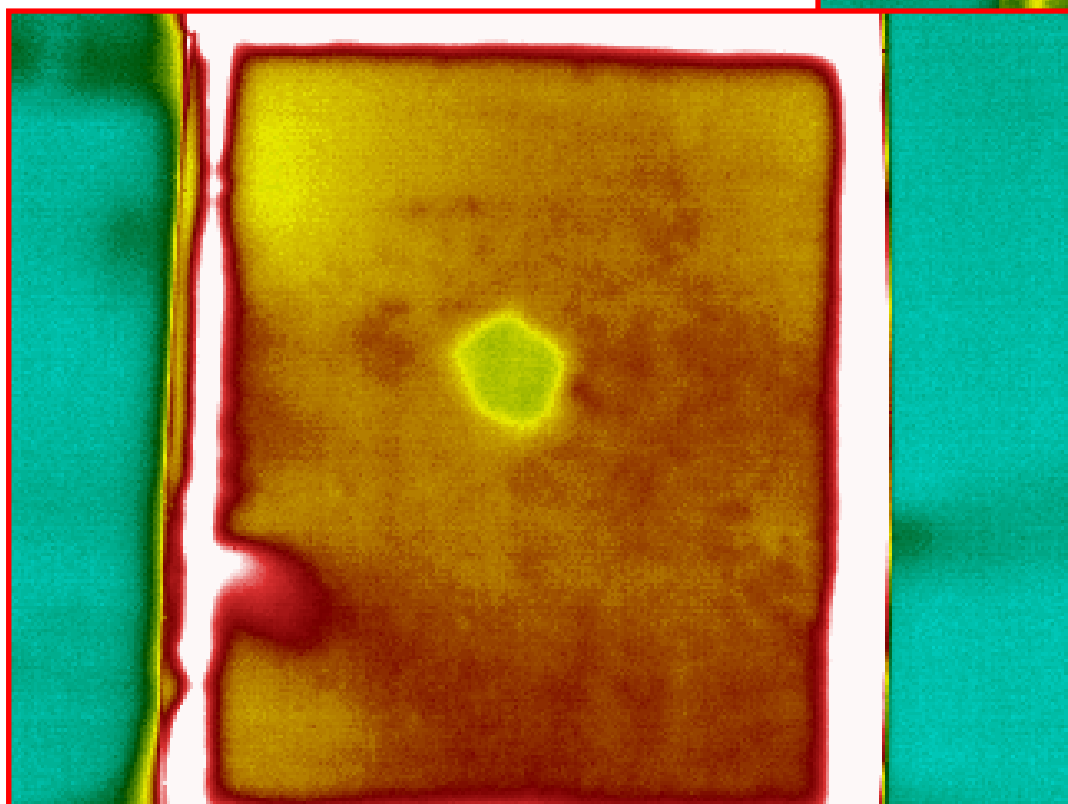
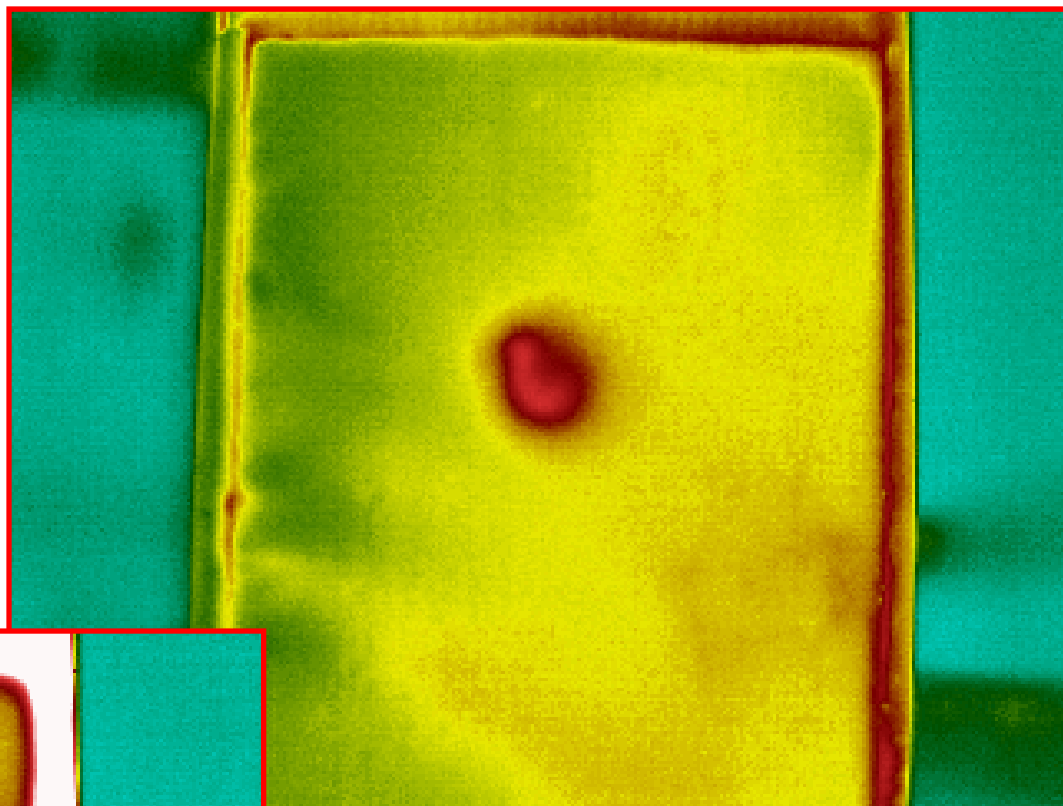




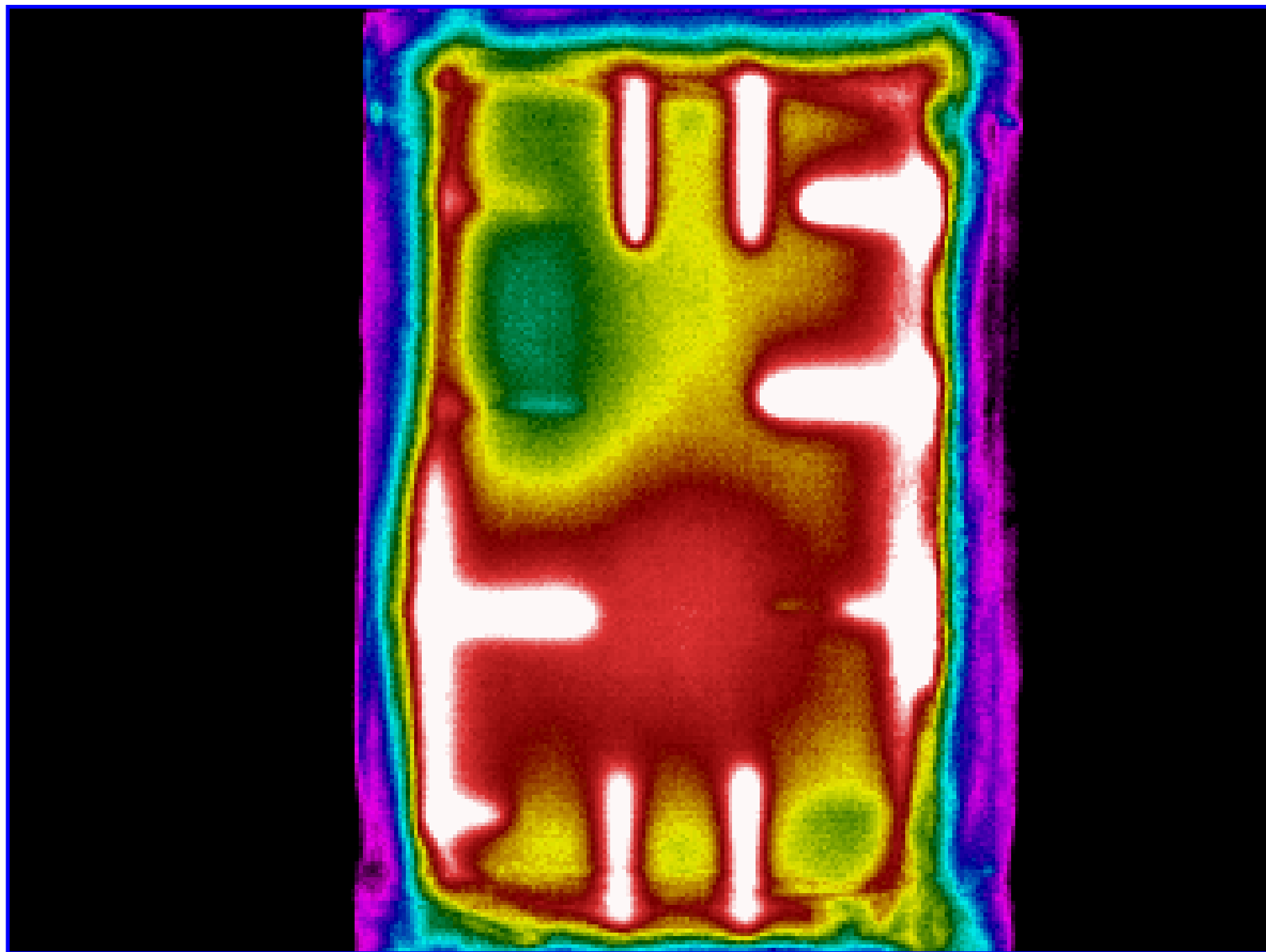














# FIM

**Prof.Dr. Cassius Olivio Figueiredo Terra Ruchert**