

## Autores

Jackson de Carvalho Galocha  
(jgalocha@metrosp.com.br)

Luis Carlos Rebelo  
(lrebelo@metrosp.com.br)

Monografia apresentada para a conclusão do Curso de  
Especialização em Tecnologia Metro-ferroviária pela  
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.



## OPORTUNIDADE

- ✓ **População:** conforto e segurança;
- ✓ **Metrô:** monitoramento contínuo para melhorar os processos de manutenção;
- ✓ **Alunos da especialização:** fornecer soluções técnicas.



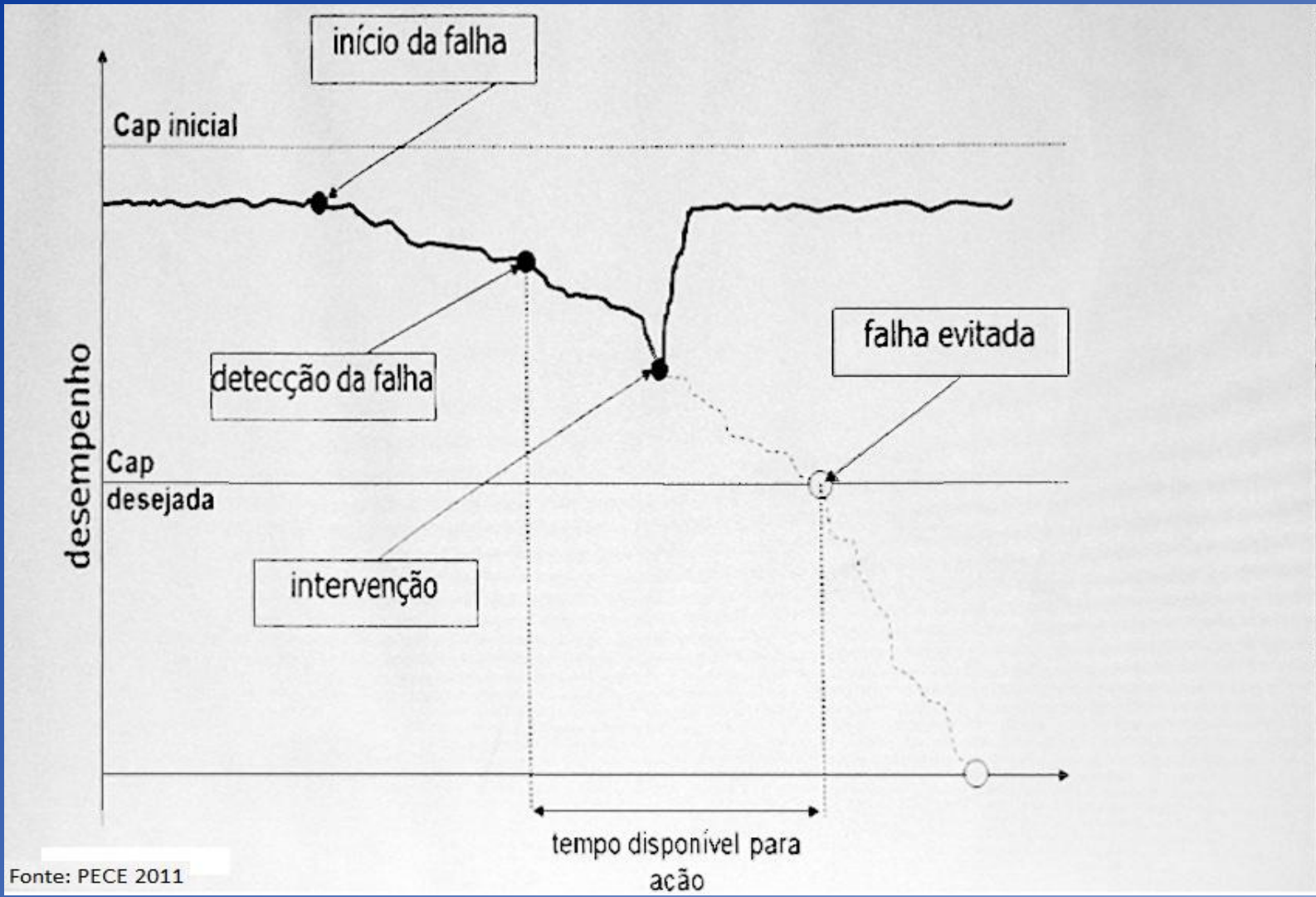
## Preditiva do Ar Condicionado

Monitoração contínua com foco no indicador corrente do compressor, por ser uma forma não invasiva, efetiva e de simples implementação, que possibilita:

- ✓ Detecção e caracterização de desvios;
- ✓ Otimização de recursos;
- ✓ Manutenção Preditiva.



## MANUTENÇÃO PREDITIVA



Fonte: PECE 2011



## CARACTERÍSTICAS METROFERROVIÁRIAS

- ✓ Geração interna de calor
- ✓ Solar
- ✓ Infiltração
- ✓ Transmissão



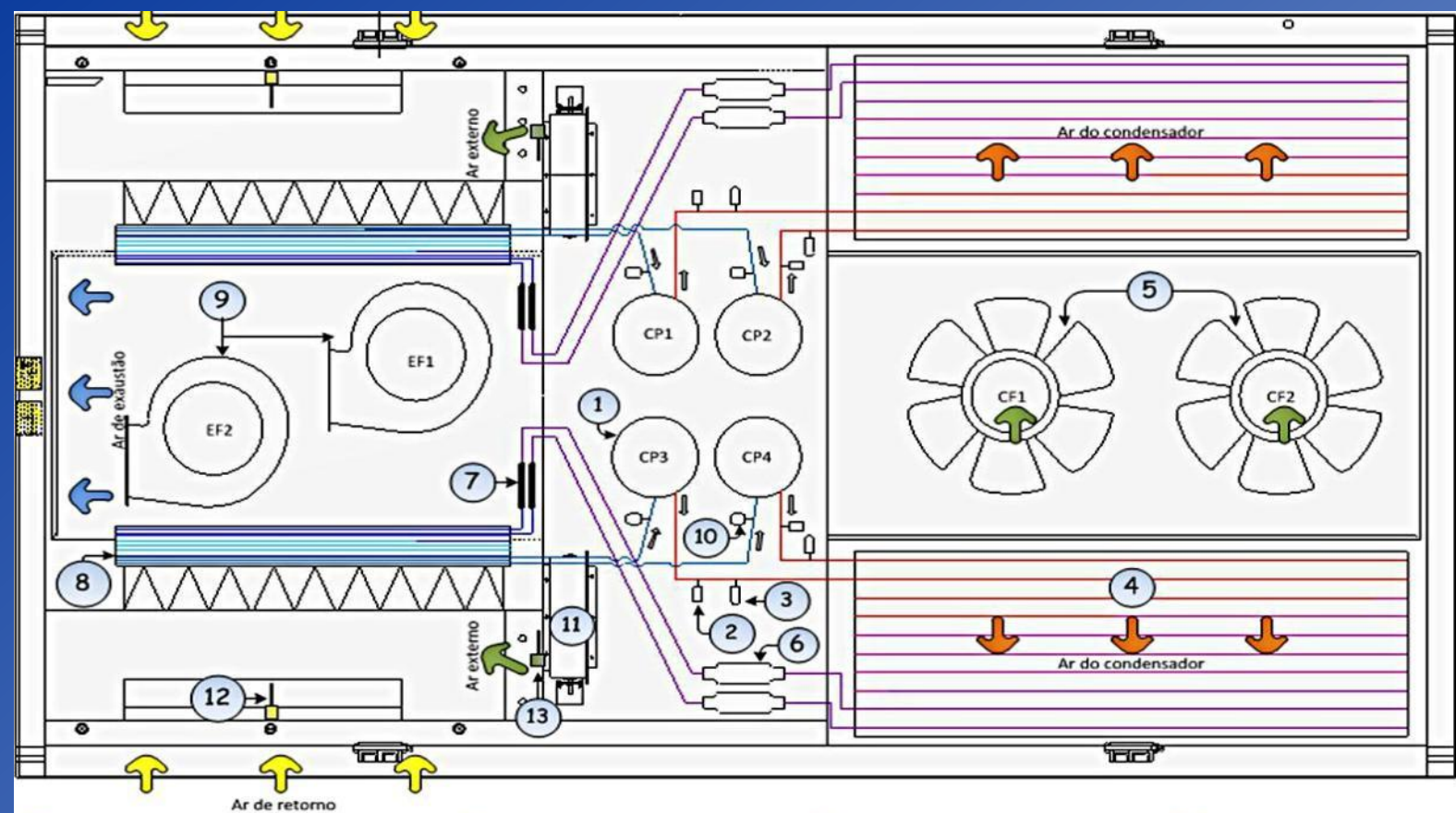


## CARACTERÍSTICAS

- ✓ Cada carro possui 2 unidades;
- ✓ Cada unidade possui 2 ou 4 circuitos frigoríficos;
- ✓ Conforme demanda aciona-se determinada quantidade de circuitos;
- ✓ Teoricamente são idênticos;
- ✓ Cada Trem possui aproximadamente **135Kg** de Fluido Refrigerante.



## FROTAS – I e L

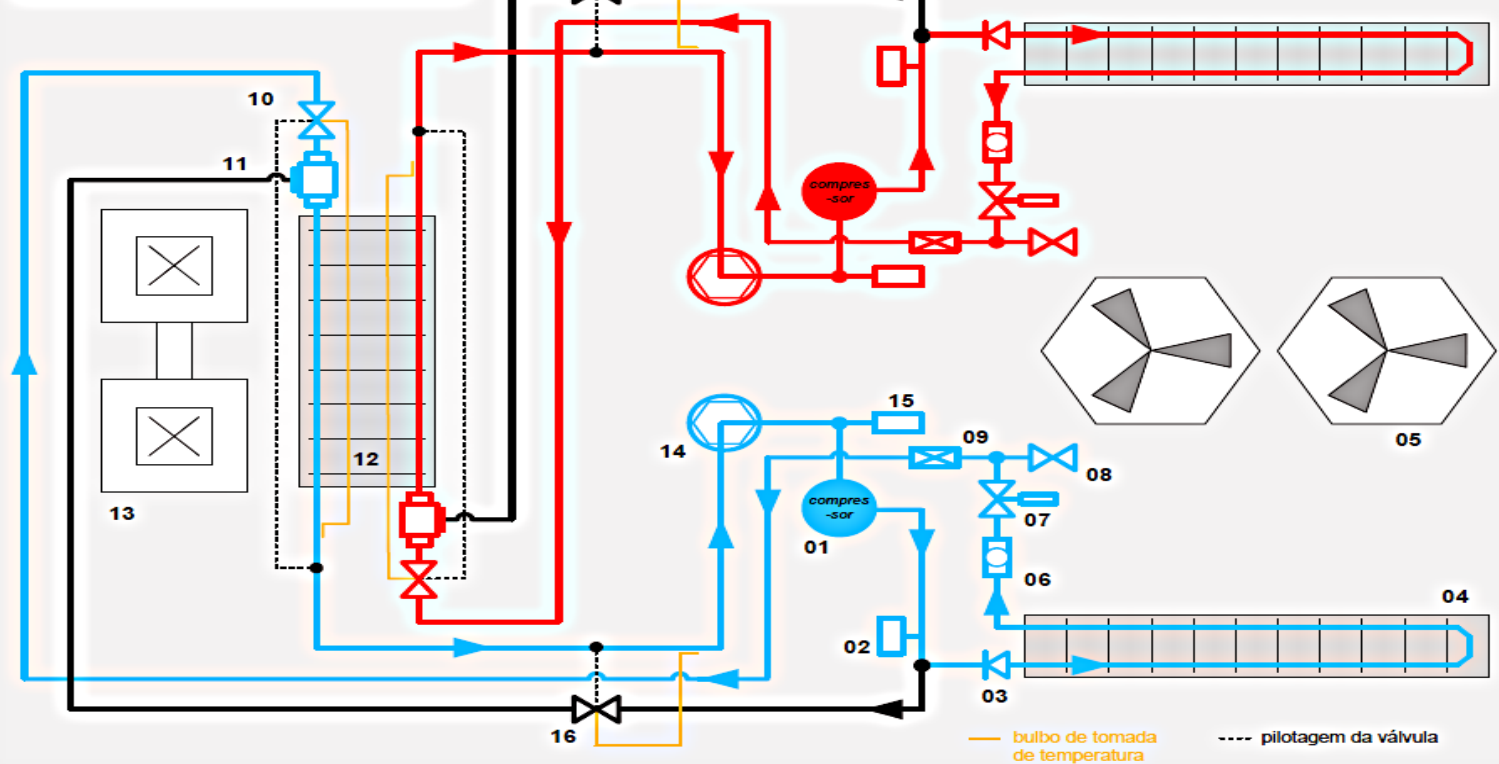


- |  |                             |                                 |                       |
|--|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 1 Compressor                           | 5 Ventilador do condensador | 9 Ventilador do evaporador      | 13 PT100 de Ar Fresco |
| 2 Pressostato de alta pressão 1° Nivel | 6 Filtro secador            | 10 Pressostato de baixa pressão |                       |
| 3 Pressostato de alta pressão 2° Nivel | 7 Capilar                   | 11 Damper de ar fresco          |                       |
| 4 Condensador                          | 8 Evaporador                | 12 PT100 de Ar de Retorno       |                       |



## FROTA – H e J

### CIRCUITO FRIGORÍFICO



No.	Componentes	No.	Componentes	No.	Componentes	No.	Componentes
1	Compressor scroll horizontal G750EL - 128CTP - HITACHI	5	Vent. do Condensador MOTOR QSL100L	9	Filtro Secador DML085S - DANFOSS	13	Ventilador do Evaporador (ou Insuflador) MOTOR QAL80M
2	Pressostato de Alta	6	Visor SGN 16S - DANFOSS	10	Válvula de Expansão TDEZ7.5AC - DANFOSS	14	Separador Líquido/Gás
3	Válvula de Retenção NRVH 19S - DANFOSS	7	Válvula Solenóide EVR10(NC) - DANFOSS	11	Misturador Gás/Líquido	15	Pressostato de Baixa
4	Condensador	8	Válvula de Carga	12	Evaporador	16	Válvula de bypass





## CENÁRIO FINAL

FROTA	TOTAL	
	TRENS	CIRCUITOS FRIGORÍFICOS
E	11	264
F	8	192
G	16	396
H	17	408
I	25	1200
J	26	624
K	25	600
L	22	1056
NOVOS TRENS L5	26	624
<b>TOTAL</b>	<b>176</b>	<b>5364</b>



## CIRCUITO FRIGORÍFICO BÁSICO

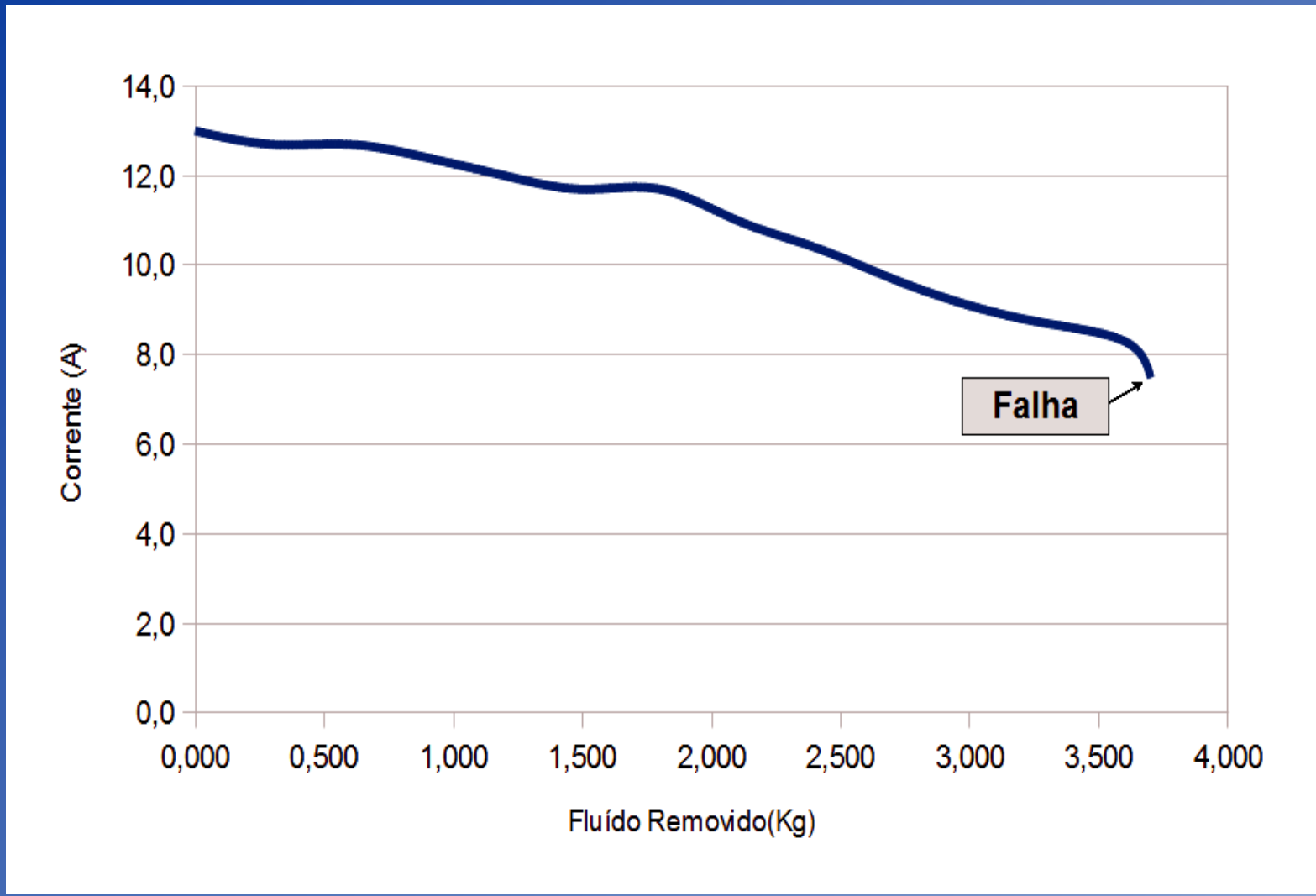


AEAMESP

19ª Semana de  
Tecnologia  
Metroferroviária  
2013

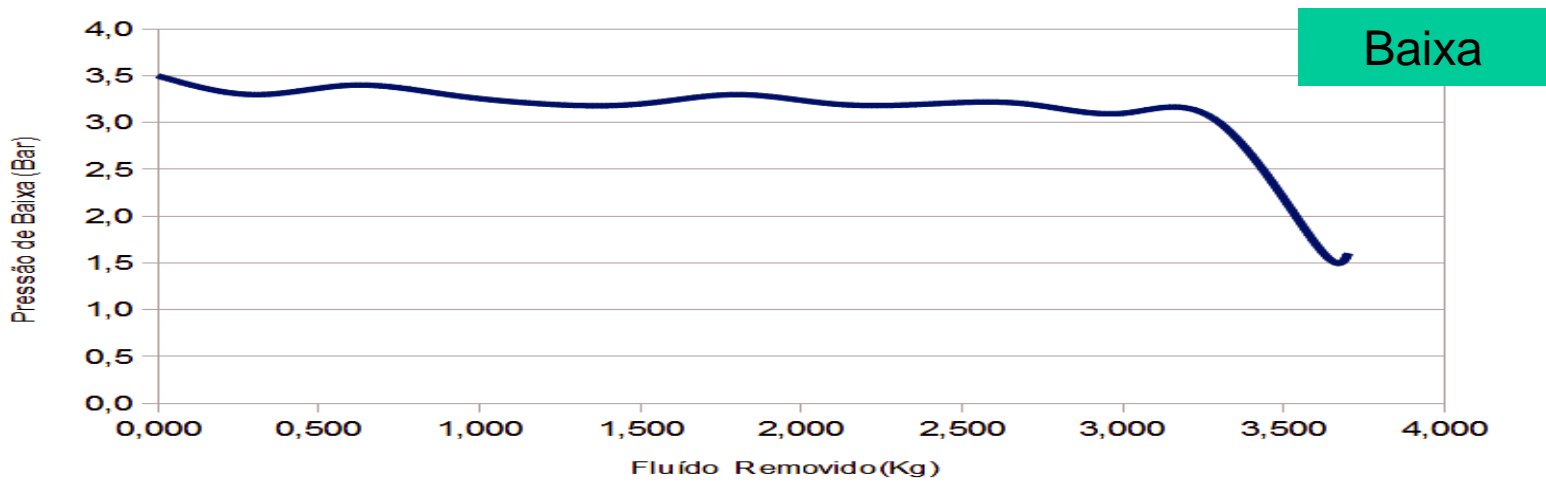
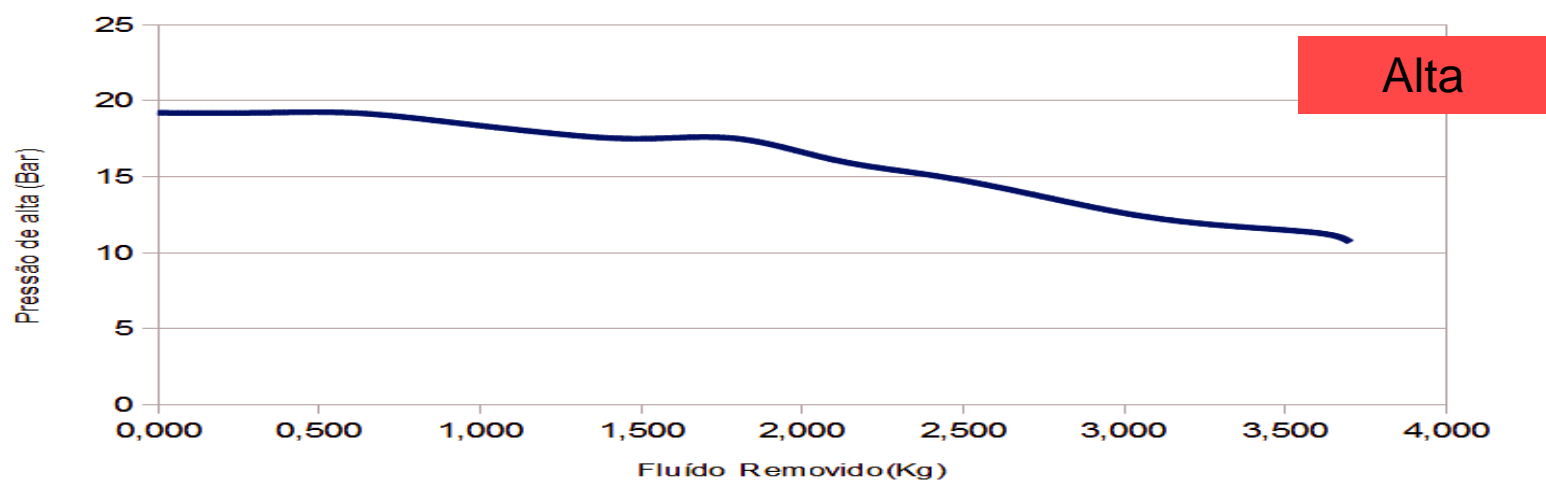


## TESTE DA HIPÓTESE



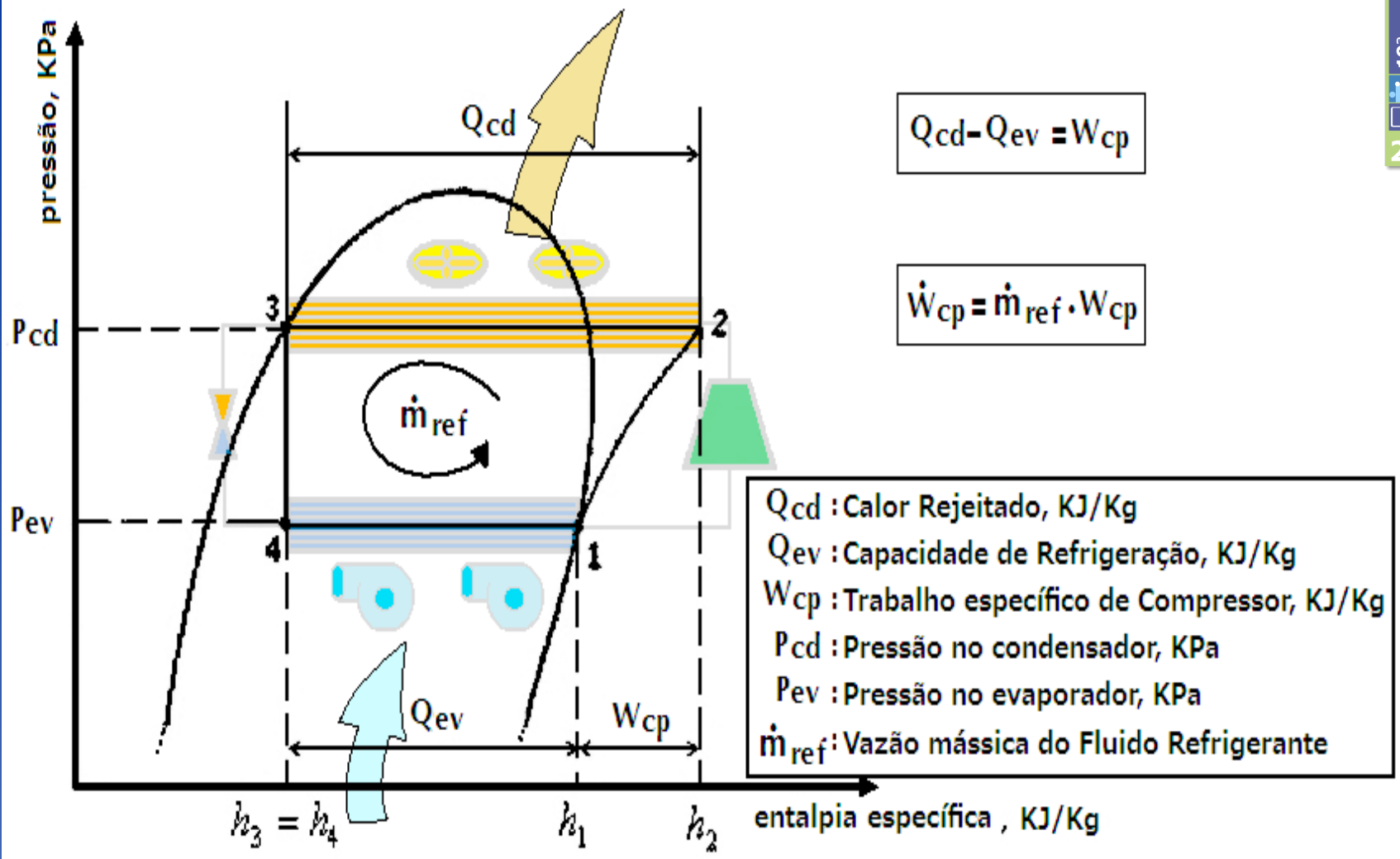


## COMPORTAMENTO DAS PRESSÕES



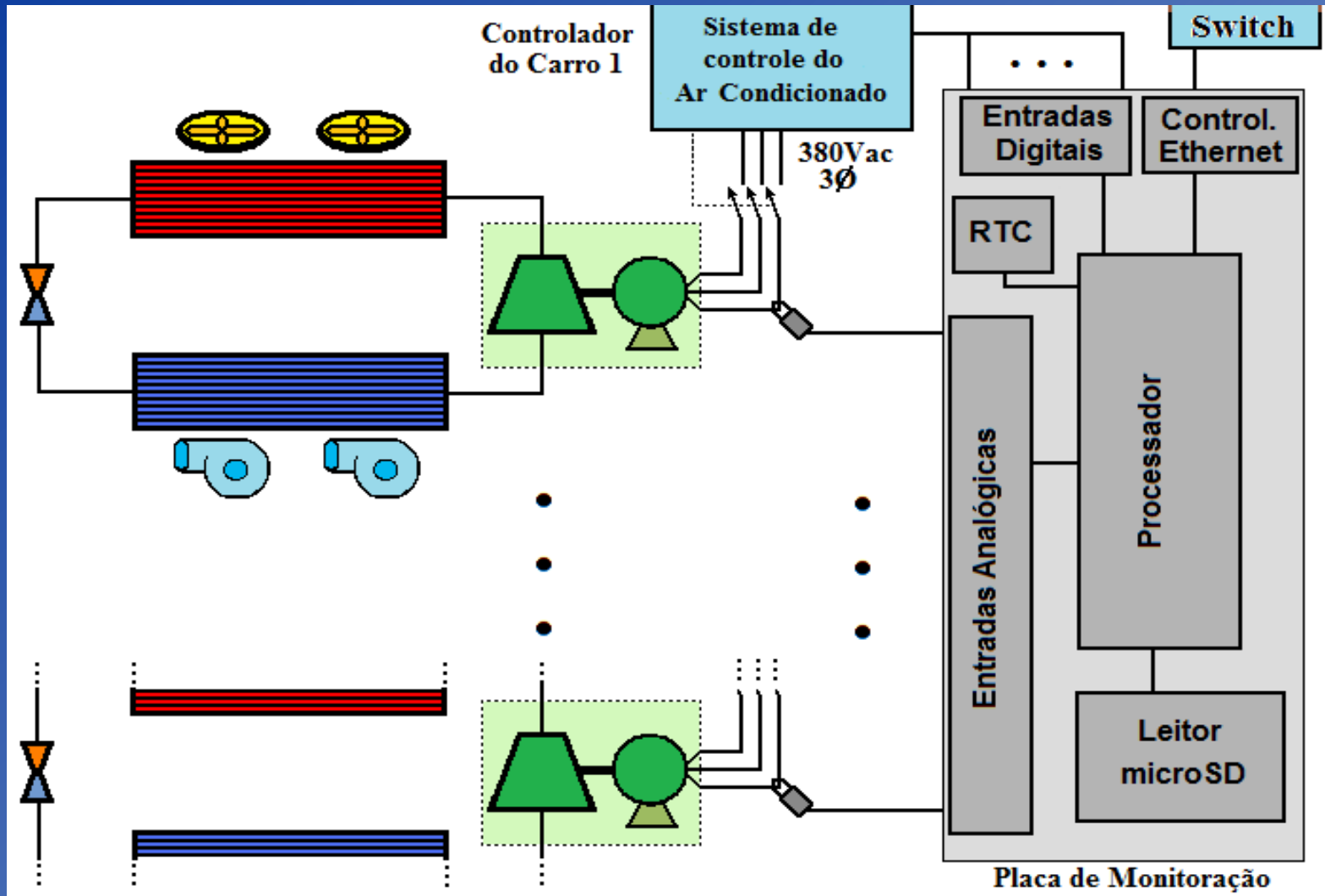


## EQUILÍBRIO ENERGÉTICO



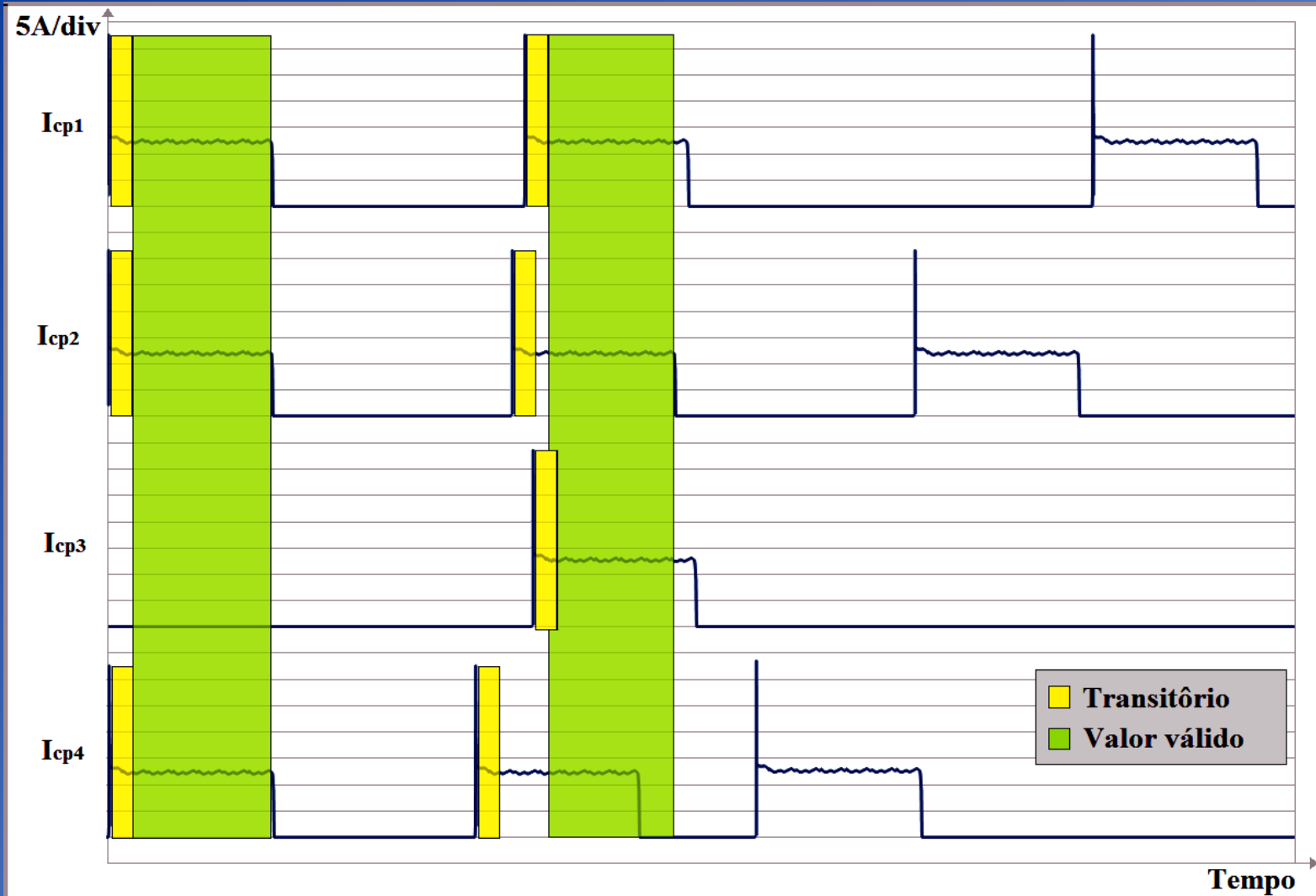


## MONITORAÇÃO CONTÍNUA



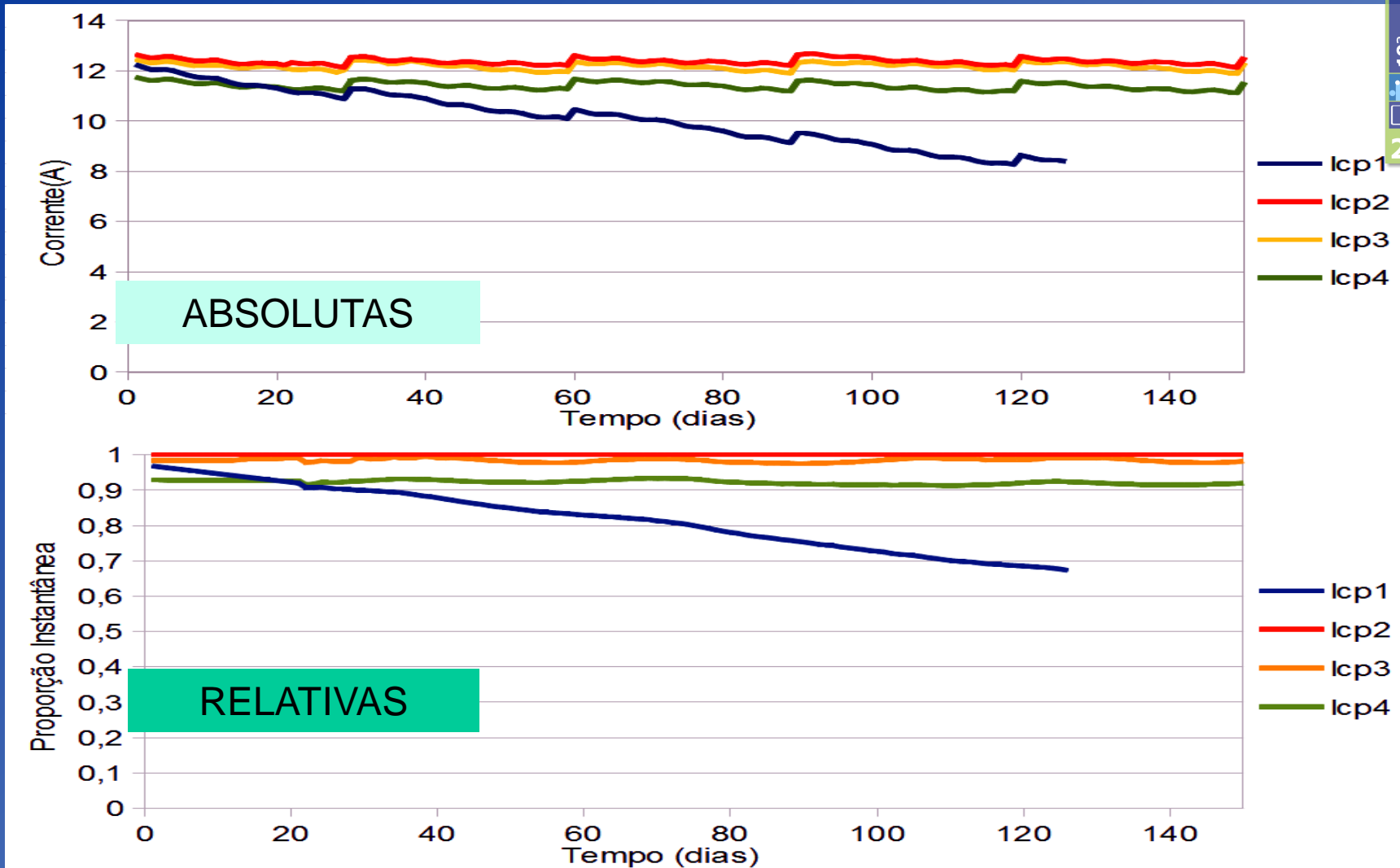


## CORRENTES DAS AMOSTRAS VÁLIDAS





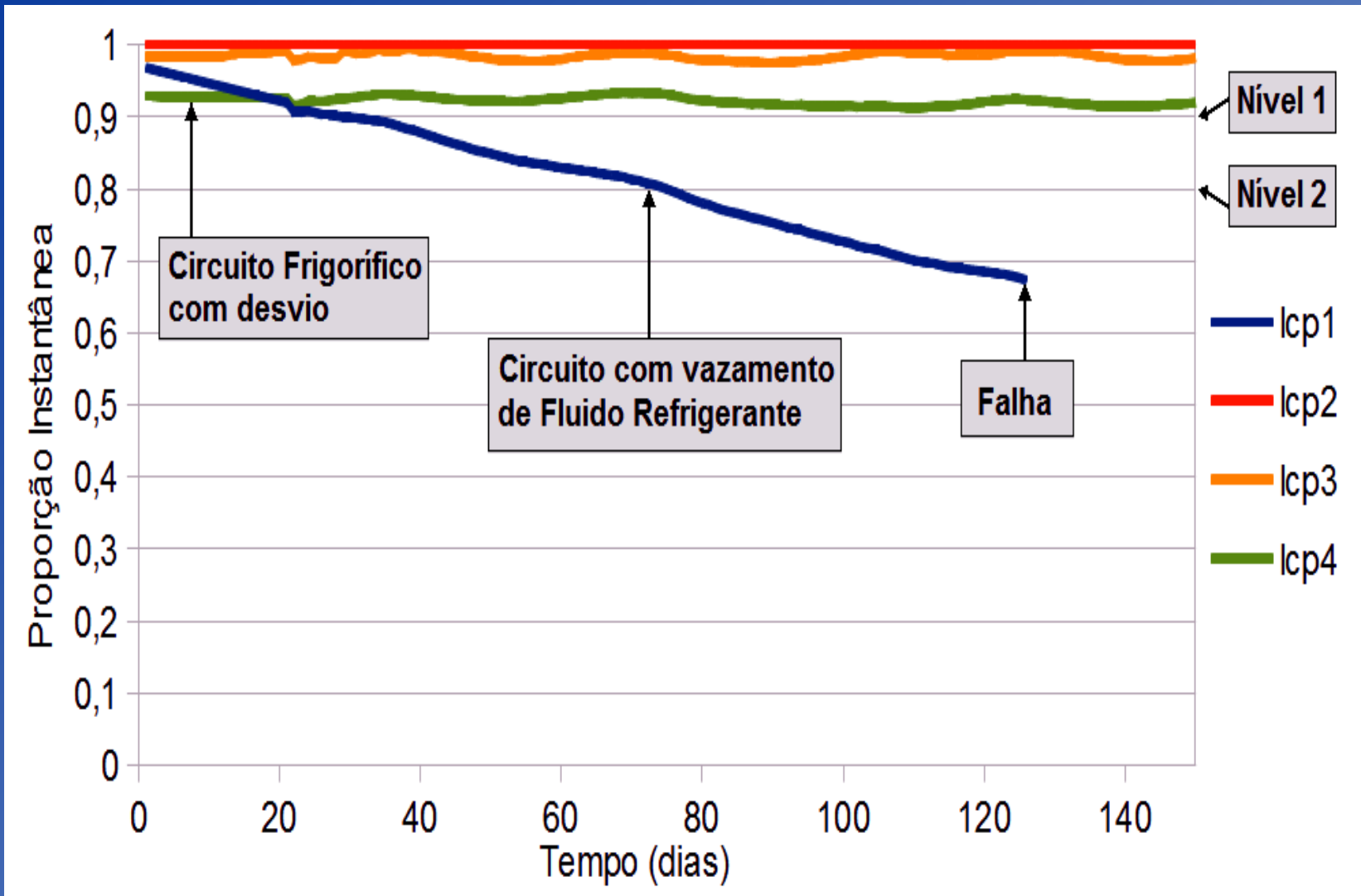
## HISTOGRAMA DAS MÉDIAS





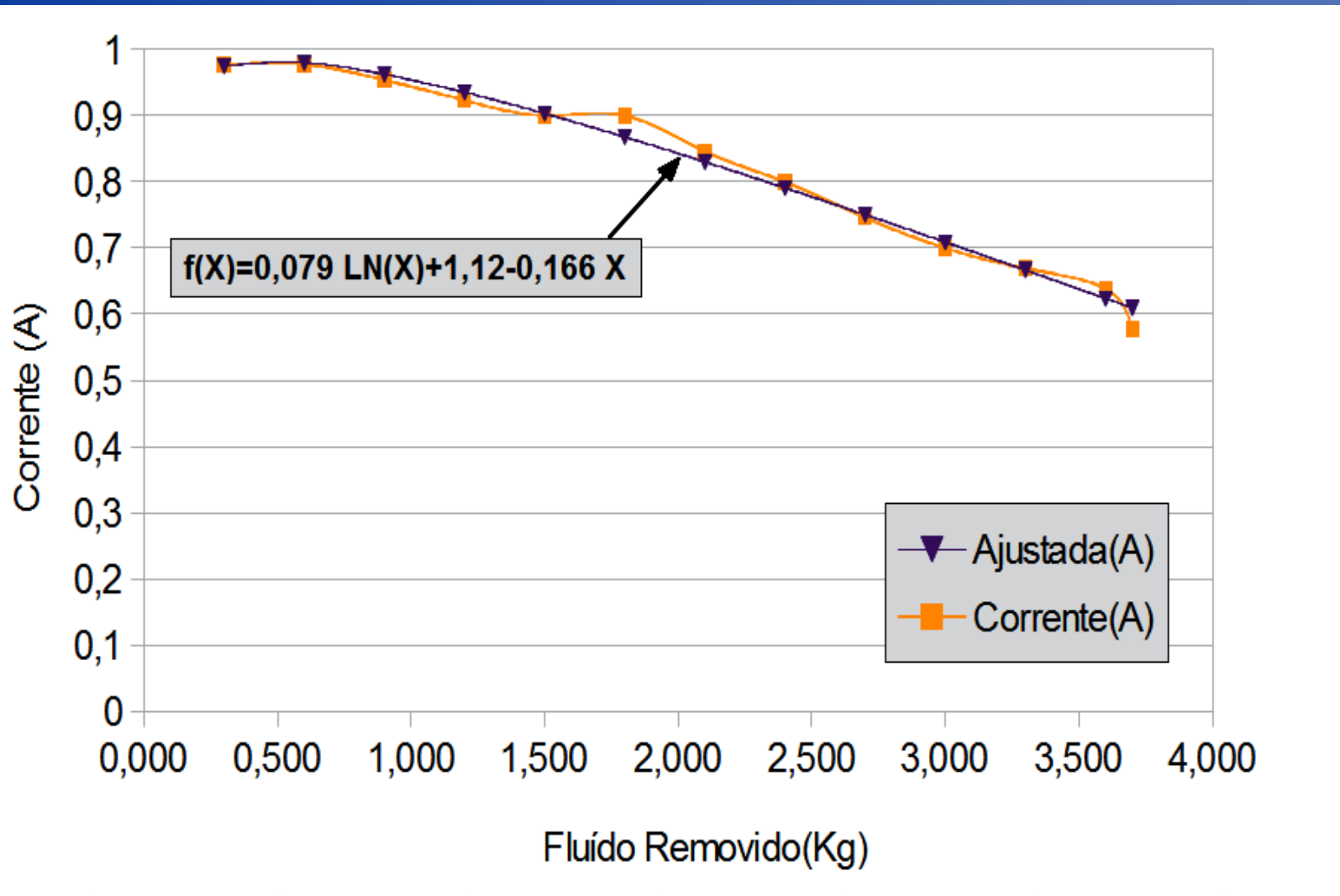


## DESVIOS E NÍVEIS DE ALARMES



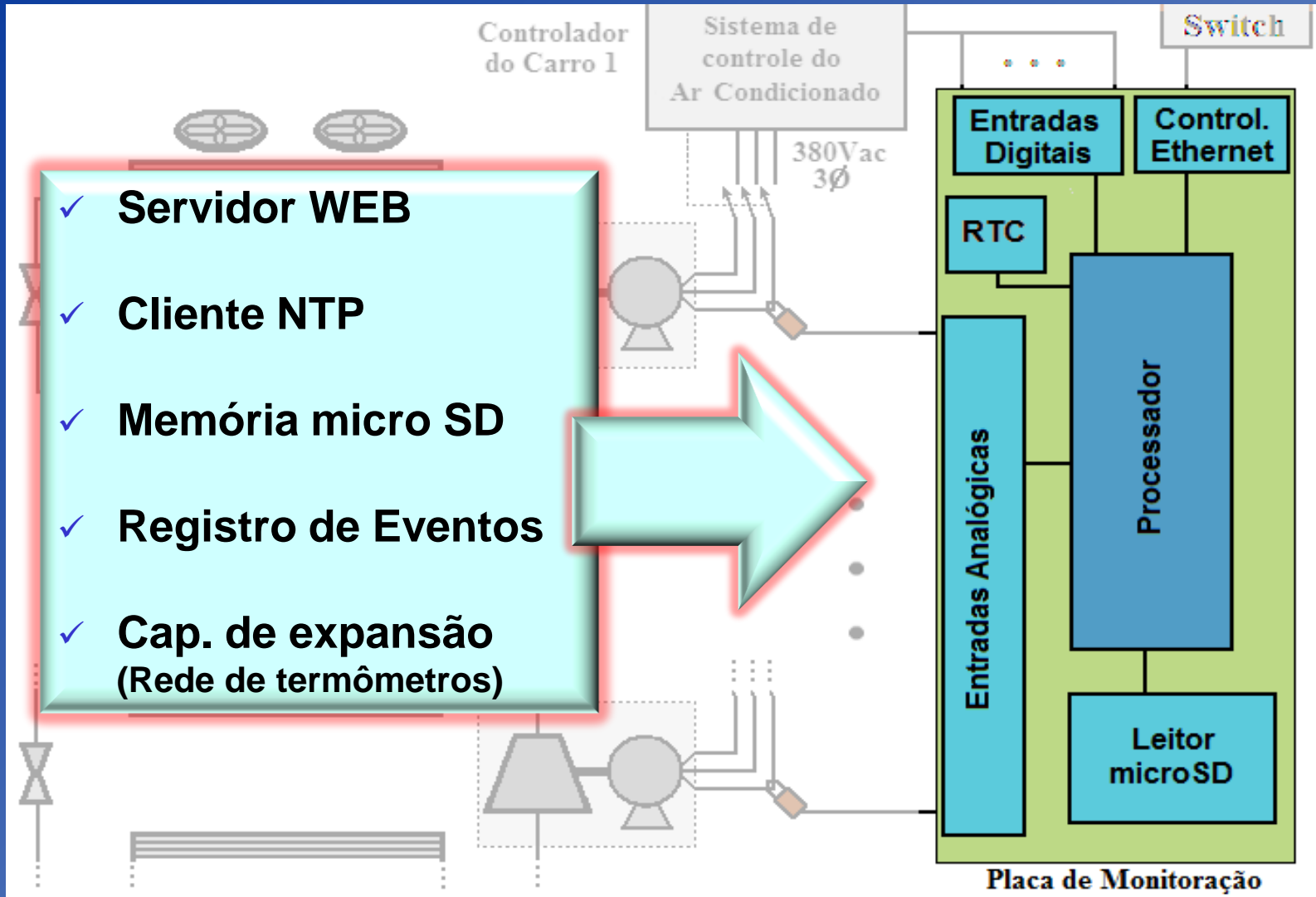


## CURVA AJUSTADA P/ MANUTENÇÃO PREDITIVA



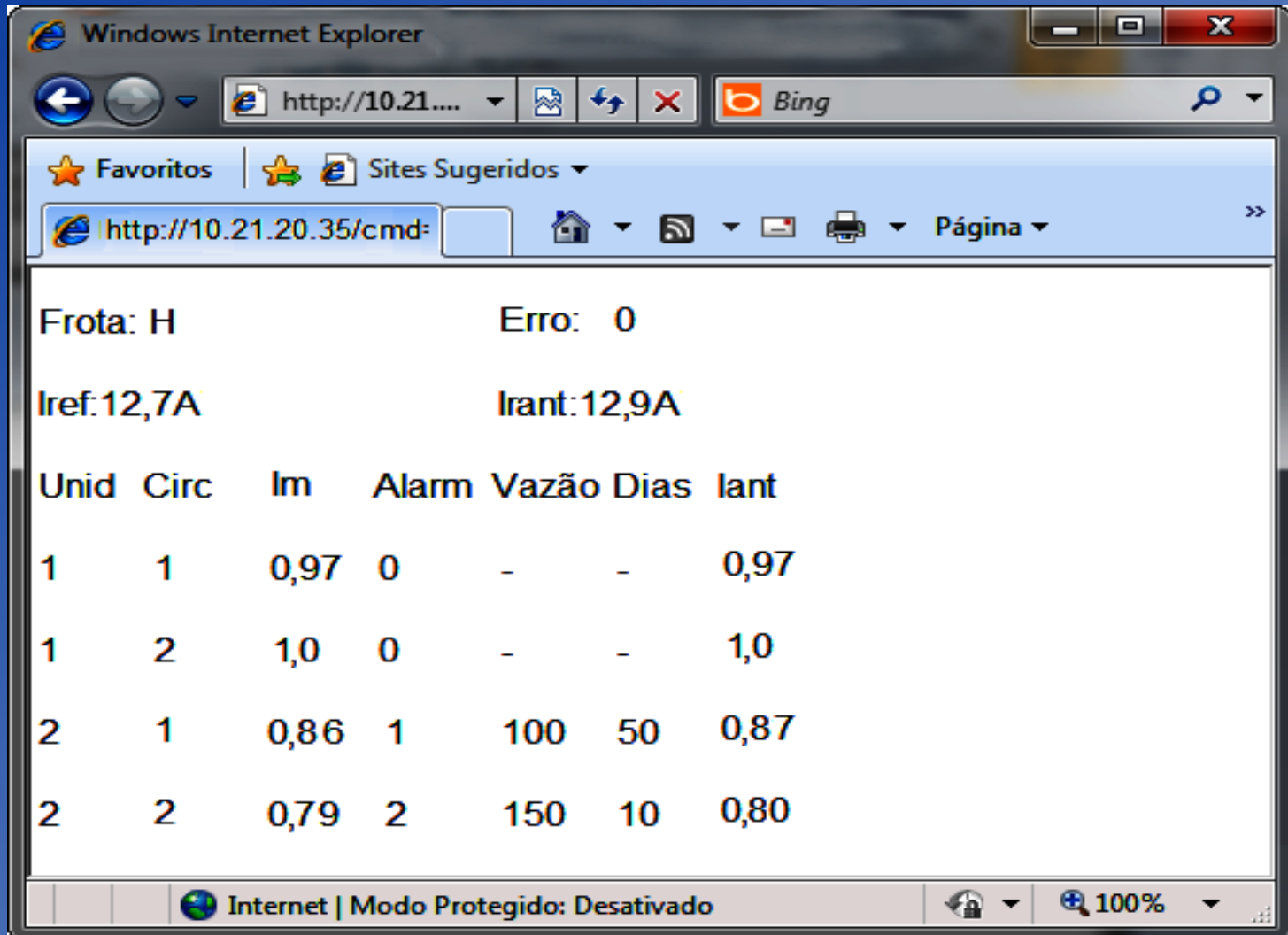


## MONITORAÇÃO CONTÍNUA





## TELA WEB DA PLACA DE MONITORAÇÃO



Windows Internet Explorer

http://10.21....

Favoritos | Sites Sugeridos

http://10.21.20.35/cmd:

Frota: H Erro: 0

Iref:12,7A Irant:12,9A

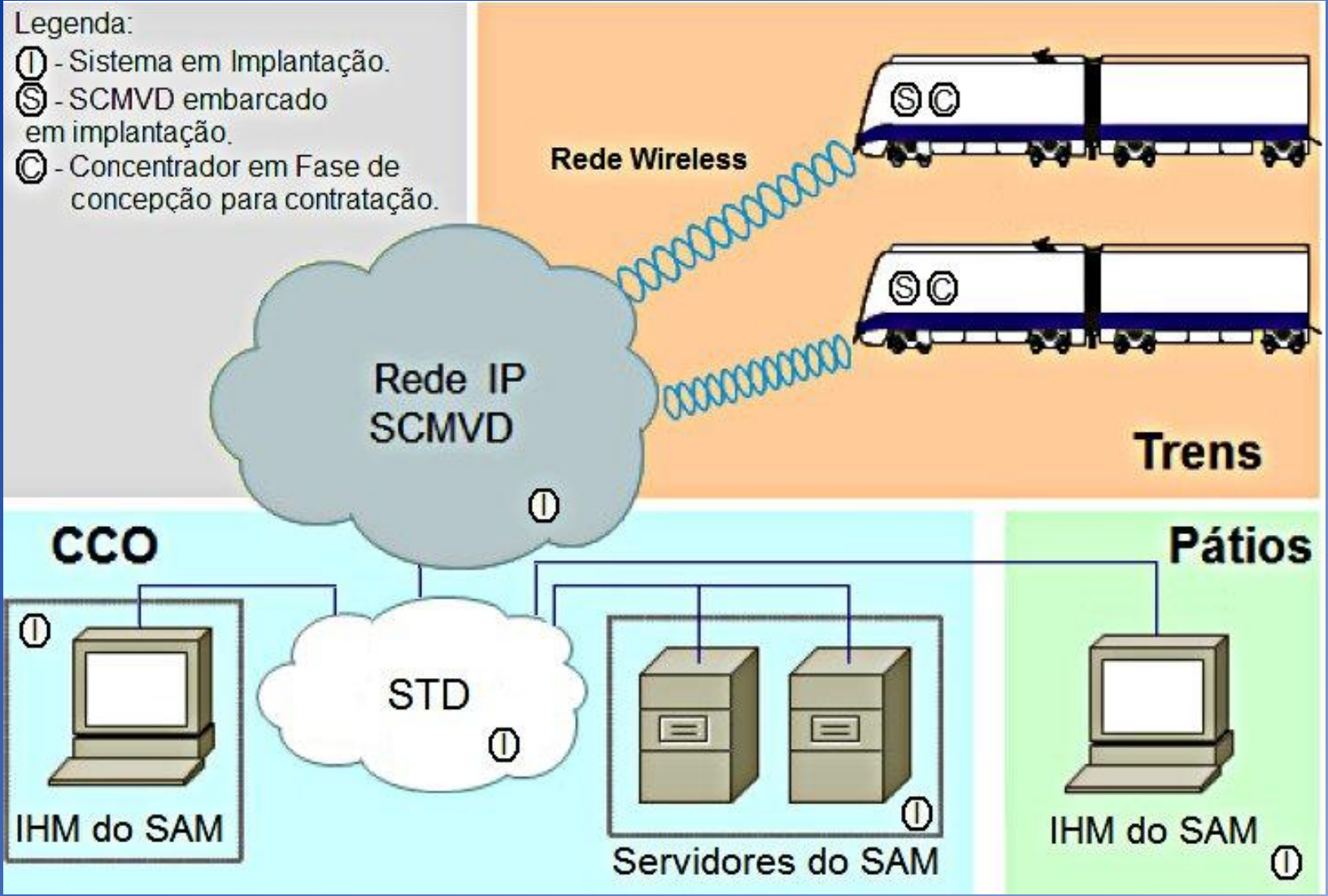
Unid	Circ	Im	Alarm	Vazão	Dias	Iant
1	1	0,97	0	-	-	0,97
1	2	1,0	0	-	-	1,0
2	1	0,86	1	100	50	0,87
2	2	0,79	2	150	10	0,80

Internet | Modo Protegido: Desativado

100%



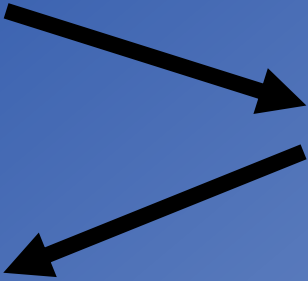
## SISTEMAS DA MODERNIZAÇÃO






## FICHA DE ACOMPANHAMENTO DA CORRENTE

- ✓ **Levantamento instantâneo da Corrente;**
- ✓ **Criação de um banco de dados para análise;**
- ✓ **Acompanhamento do reparo.**



Trens Analisados	Circuitos Frigoríficos	Com desvio
19	456	21


**Acompanhamento da Corrente do Compressor do Ar Condicionado**

TREM: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_/\_\_/\_\_ HORA: \_\_: \_\_

**Recomendações:**

- Medir a corrente, de uma fase, de todos os compressores, sem interrupção, repetir se necessário;
- Usar multímetro alicate, CAT III, verificar a validade da Aferição;
- Confirmar o correto fechamento do alicate, num único condutor;
- A valvula de Líquido deverá estar aberta, verificar no caso do acionamento por software;
- Aguardar de 1 até dois minutos, após o acionamento de todos os circuitos;
- Anotar na Obs. a presença de algum alarme ou outra anormalidade no sistema;
- Cuidado ao manusear o cabeamento do Armário, evitar movimentações excessivas;
- Usar EPI para o manuseio do multímetro.

Carro	Unid.	Corrente no Circuito (A)			
		1	2	3	4
1	1				
	2				
2	1				
	2				
3	1				
	2				
4	1				
	2				
5	1				
	2				
6	1				
	2				

Obs.: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

GMT/MTR/MRN/MRC

Resp.: \_\_\_\_\_

Visto: \_\_\_\_\_



## CONCLUSÕES

Na análise da amostra de 19 trens, observou-se que 76% das ocorrências estavam concentradas em 21 CFs. Após a atuação específica dos fornecedores, o número de ocorrências caiu de 172 falhas, em setembro de 2012, para 21, em dezembro de 2012 — e destas, 11 já identificadas em apenas dois carros.



## CONCLUSÕES

Ferramenta utilizada	Resultado obtido
Média relativa	Detectar desvio
Histograma relativo (HR)	Indicar um vazamento
HR + Curva ajustada	Determinar a vazão e dias até a falha
Histograma vazão dos dias	Detectar a variação do vazamento
Histograma absoluto	Detectar uma tendência nos circuitos
Ficha de acompanhamento	Detectar desvios
Sincronismo horário	Recriar a viagem
Dados da micro SD	Refinar o processo de detecção e manutenção



## ESTUDO PRELIMINAR DE CUSTO (DOLAR)

Equipamento	Custo unitário	Quantidade	Total
Placa de Monitoração	95.00	852	80,940.00
Transdutor de corrente	45.00	5136	231,120.00
Sensor de Temperatura	7.00	3408	23,856.00
			<b>335,916.00</b>



AEAMESP



**MUITO OBRIGADO!**