

Nº 180051

Integrating artificial intelligence into laboratory information management systems (LIMS): a case study of enhanced technical management

**Artur Augusto Martins
Anderson Poiani Lopes Mendes
Ednaldo de Araujo Cruz Correia**

*Palestra apresentado no
CONGRESSO INTERNACIONAL
DE METROLOGIA ELÉTRICA, 16.,
2025, Maceió. 20 slides..*

A série "Comunicação Técnica" comprehende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.
PROIBIDO REPROUÇÃO

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br



METROLOGIA

*150 anos de confiabilidade
para um futuro sustentável*

2025

Data: 1 a 4 de dezembro de 2025

Local: Centro Cultural e de Exposições
Ruth Cardoso
Maceió - AL

Integrating Artificial Intelligence into Laboratory Information Management Systems (LIMS): A Case Study of Enhanced Technical Management

Artur Augusto Martins- arturm@ipt.br

Anderson Poiani Lopes Mendes - andersonm@ipt.br

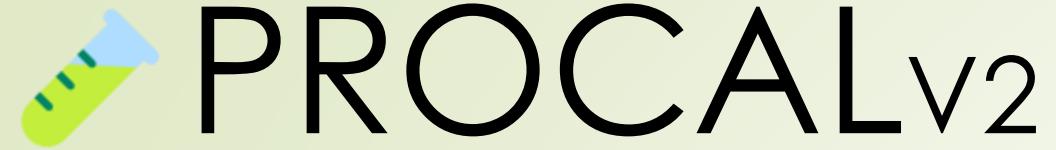
Ednaldo Correia - ednaldoc@ipt.br

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A – IPT

Integrating Artificial Intelligence into Laboratory Information Management Systems (LIMS): A Case Study of Enhanced Technical Management

PARTE 1:  **PROCALv2**
SOFTWARE TÉCNICO PARA GESTÃO DE LABORATÓRIOS

PARTE 2:  **PROCAL "COPILOT"**
ASSISTENTE DE IA INTEGRADO



Objetivos

- Framework LIMS modular orientado a metrologia
- Aderência ISO/IEC 17025
- Integração de dados via API
- Atualizar legado
- Automação do fluxo de trabalho
- Execução segura de scripts na web





BENCHMARK

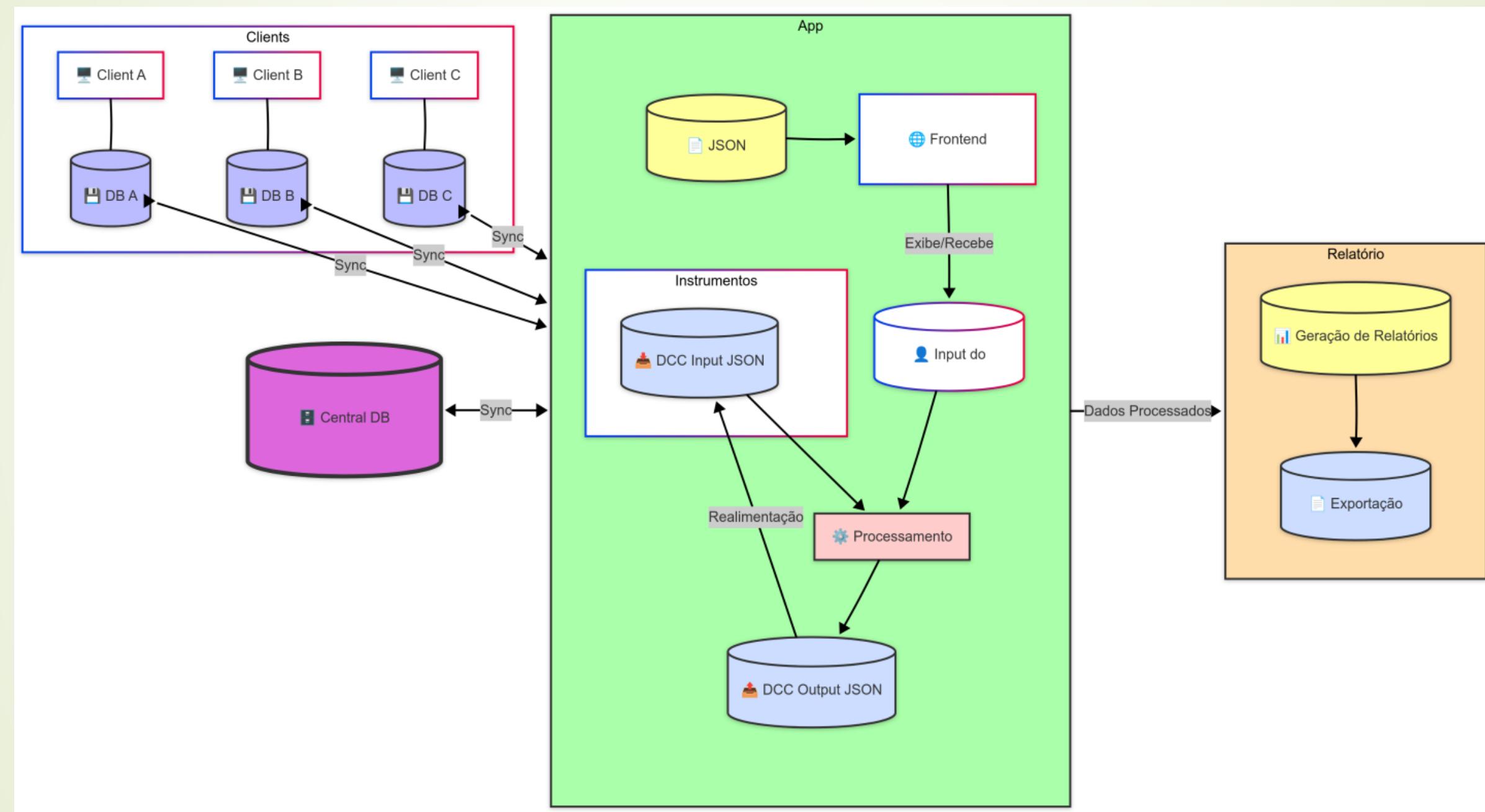
Funcionalidade	Software comercial 1	Legado Atual	Este trabalho
🧪 Estimativa de incertezas	✓	✗	✓
🧪 Gestão de instrumentos	✓	✗	✓
📊 Análise de tendências	✓	✗	✓
🧪 Construção de procedimentos	✓	✗	✓
🧪 Modelamento numérico	✓	✗	✓
🧪 Automação de instrumentos	✓ (Incompleto)	✗	⌚
📝 Geração de relatórios	✓	?	✓
📋 Orçamentos	✓	✓	⌚
📋 Recepção de materiais	✓	✓	⌚
📋 Ordem de serviço	✓	✓	✓
💻 Autenticação e Permissão	✓	✓	✓
💻 Integração com IA	✗	✗	✓
💻 Integração com Sistemas	✗	✓ ✓ ✓	⌚

Contexto & Problema – Sistemas atuais

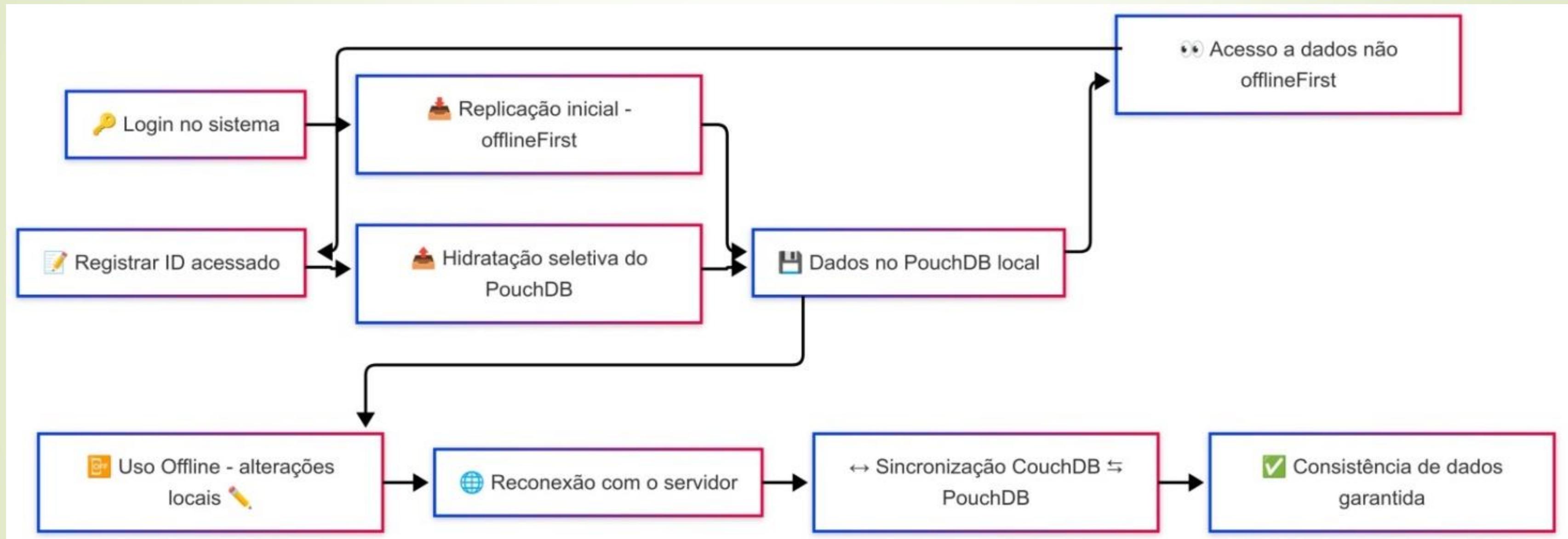
- Rastreabilidade, incerteza e prazos apertados nos laboratórios
- Soluções de mercado incompletas
- Operação em campo com conectividade intermitente
- Integração difícil com instrumentos e Excel/legados
- Lacuna: "offline-first" + IA segura pouco atendidos pelos LIMS atuais

Arquitetura da solução

- App web (Vue 3) + NoSQL DB

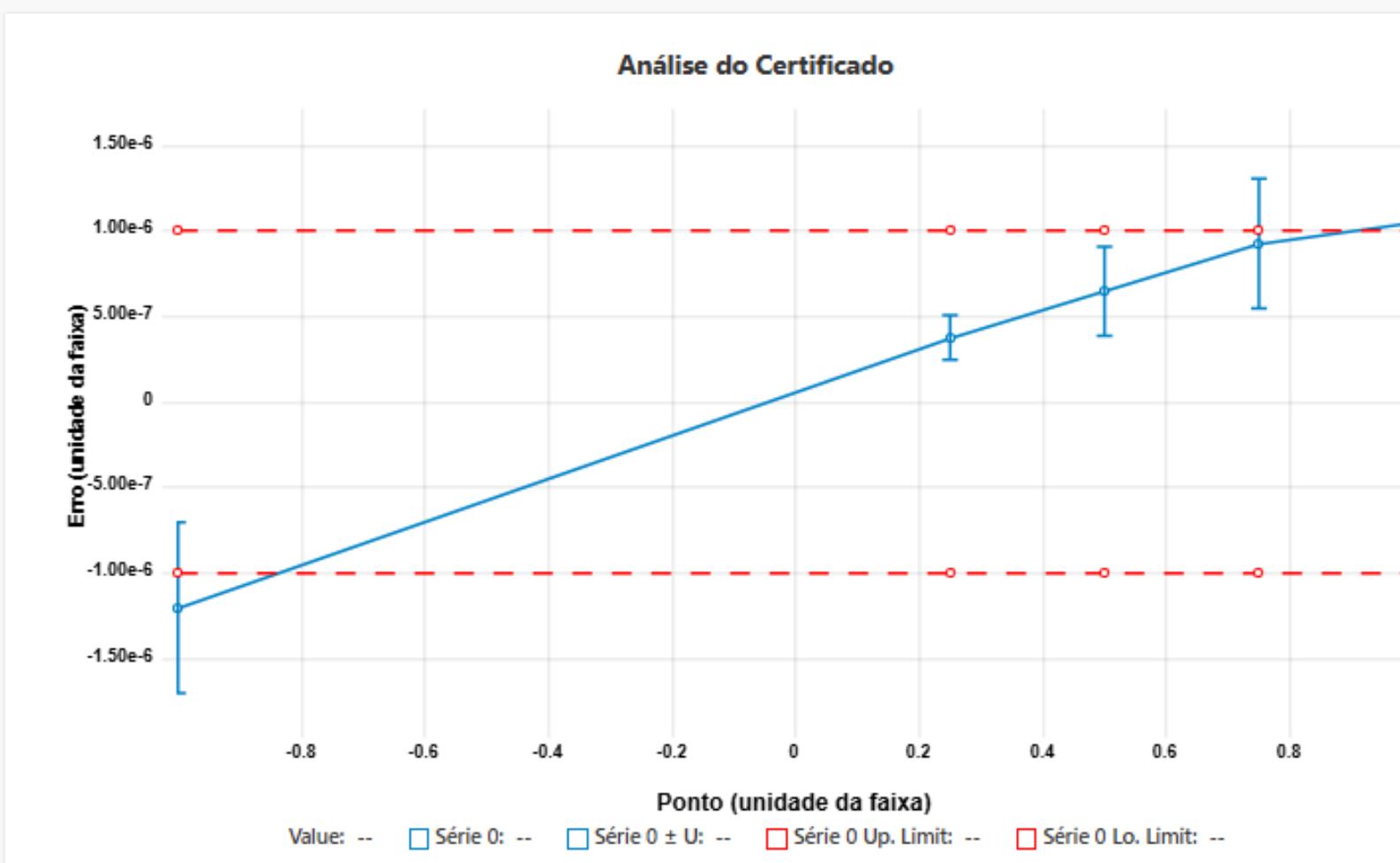


"Offline-First" com "Cache-aside" local e hidratação oportunista



The screenshot shows a software application window with a dark theme. At the top, there is a navigation bar with icons and labels: Procal, Ordem de Serviço, Procedimentos, Instrumentos, Amostras, Modelos/Normas, Empresas, Logout, and a search icon. Below the navigation bar is a grid of 15 cards, each containing an icon and a label. The cards are arranged in five rows and three columns. Row 1: Ordem de Serviço (wrench and screwdriver icon), Procedimentos (gear icon), Tipos de instrumentos (balance scale and percent icon). Row 2: Instrumentos (ruler icon), Amostras (petri dish icon), Modelos/Normas (cube icon). Row 3: Unidades (triangle icon), Prefixos (number 10 icon), Distribuições (dice icon). Row 4: Grandezas de Influência (blue diamond icon), Templates (document icon), Tipo de Empresa (city building icon). Row 5: Empresas (factory icon), Usuários (person icon), Export data (cloud icon). At the bottom left, there is a modal dialog with the title 'Import data' and a button 'Escolher arquivo' (Select file) with the sub-label 'Nenhum arquivo escolhido' (No file selected).

Faixa	Ponto	Erro	Incerteza	k	Limite
1 V DC	0.24999798	0.00000038	0.00000013	2.00	1e-6
1 V DC	0.49999696	0.00000065	0.00000026	2.01	1e-6
1 V DC	0.74999610	0.00000093	0.00000038	2.00	1e-6
1 V DC	0.99999507	0.00000105	0.00000051	2.00	1e-6
1 V DC	-0.99999498	-0.00000120	0.00000050	2.00	1e-6



VI (V) VC (V)

45 📦 ▶ 0.30V DC ["Medium"] 5730A 📦 ▶ 0 a 22 V DC

1,0002	1
1,0005	1
1,0002	1
1,0003	1

Budget

Variável	Componente	Expectativa	Inc. Padrão	Divisor	Coef.	Contribuição	📊
VI	📜 Resolucao	0 V	5.0000e-4 V	1.732	1	2.8868e-4 V	<div style="width: 100%; background-color: red;"></div>
VI	🎲 read	1.0003 V	1.4142e-4 V	2	1	7.0711e-5 V	<div style="width: 100%; background-color: green;"></div>
VC	📜 Exatidao	0 V	3.5000e-6 V	2	-1	1.7500e-6 V	<div style="width: 0%; background-color: lightgray;"></div>
VC	🎲 read	1 V	0 V	2	-1	0 V	<div style="width: 0%; background-color: lightgray;"></div>
VC	📜 Resolucao	0 V	5.0000e-7 V	1.732	-1	2.8868e-7 V	<div style="width: 0%; background-color: lightgray;"></div>

Resultado:

Unidade	VI	VR	Erro	U	k	v _{eff}
V	1.000	1.00000	0.000	0.00059	2.00	937

Caso de uso: Corrente DC (queda de tensão)

Calibrador (Instrumento de apoio)

Resistor padrão (R_p)



Multímetro padrão (V_{Rp})



Multímetro Fluke 45 sob calibração (VI)

$$\text{Erro} = VI - VRp/Rp$$



WebAssembly para execução de scripts LUA definidos pelo usuário

Diagrama de fluxo: Scientific Data Manipulation → Sandbox WASM → Lua

Variável	Componente	Expectativa	Inc.	Padrão	Divisor	Coef.	Contribuição
VR _p	Fabricante	0 V	0.003	V	1.96	-1	0.0015 A
R _p	Drift	0 Ω	5.0000e-4	Ω	1.732	0.302 A/Ω	9.5591e-4 A
VI	Resolução	0 A	5.0000e-4	A	1.732	1	2.8868e-4 A
VR _p	read	0.3023 V	5.0000e-4	V	2	-1	2.5000e-4 A
R _p	Calibração	1 Ω	9.0000e-5	Ω	1.483	0.302 A/Ω	2.0095e-4 A
VI	read	0.3 A	0 A	2	1	0 A	
VR _p	Resolução	0 V	5.0000e-8	V	1.732	-1	2.8868e-8 A
VR _p	IPT/LME 955426-101 (interp. entre 0.24999798 e 0.49999696)	4.3643e-7 V	1.5717e-7 V	1.96	-1	8.0189e-8 A	

Resultados:

Unidade	VI	VR	Erro	U	k	v _{eff}
mA	300.0	302.2	-2.2	3.7	2.00	∞

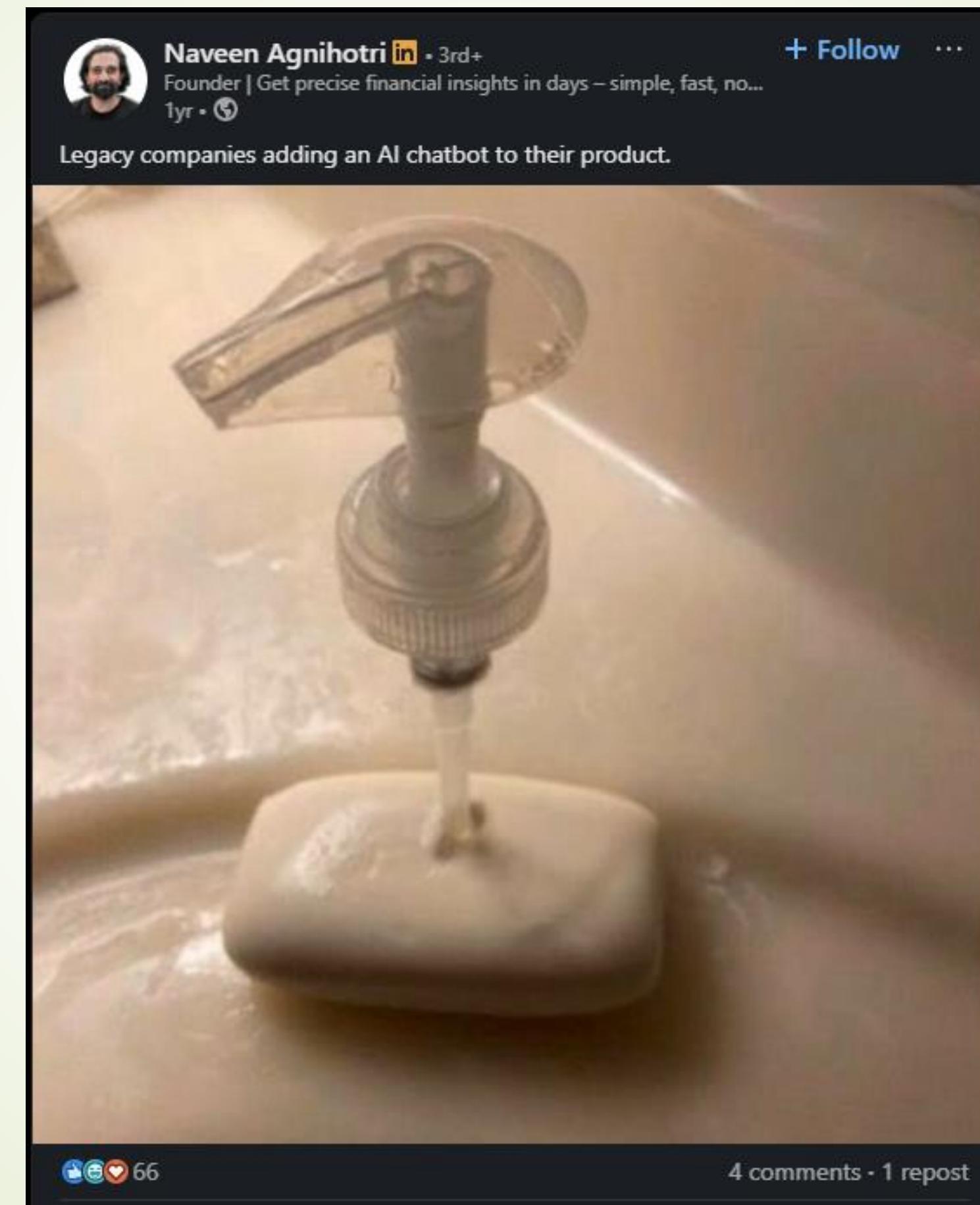
Erros = VI – VR_p/R_p

Tendência do ponto:

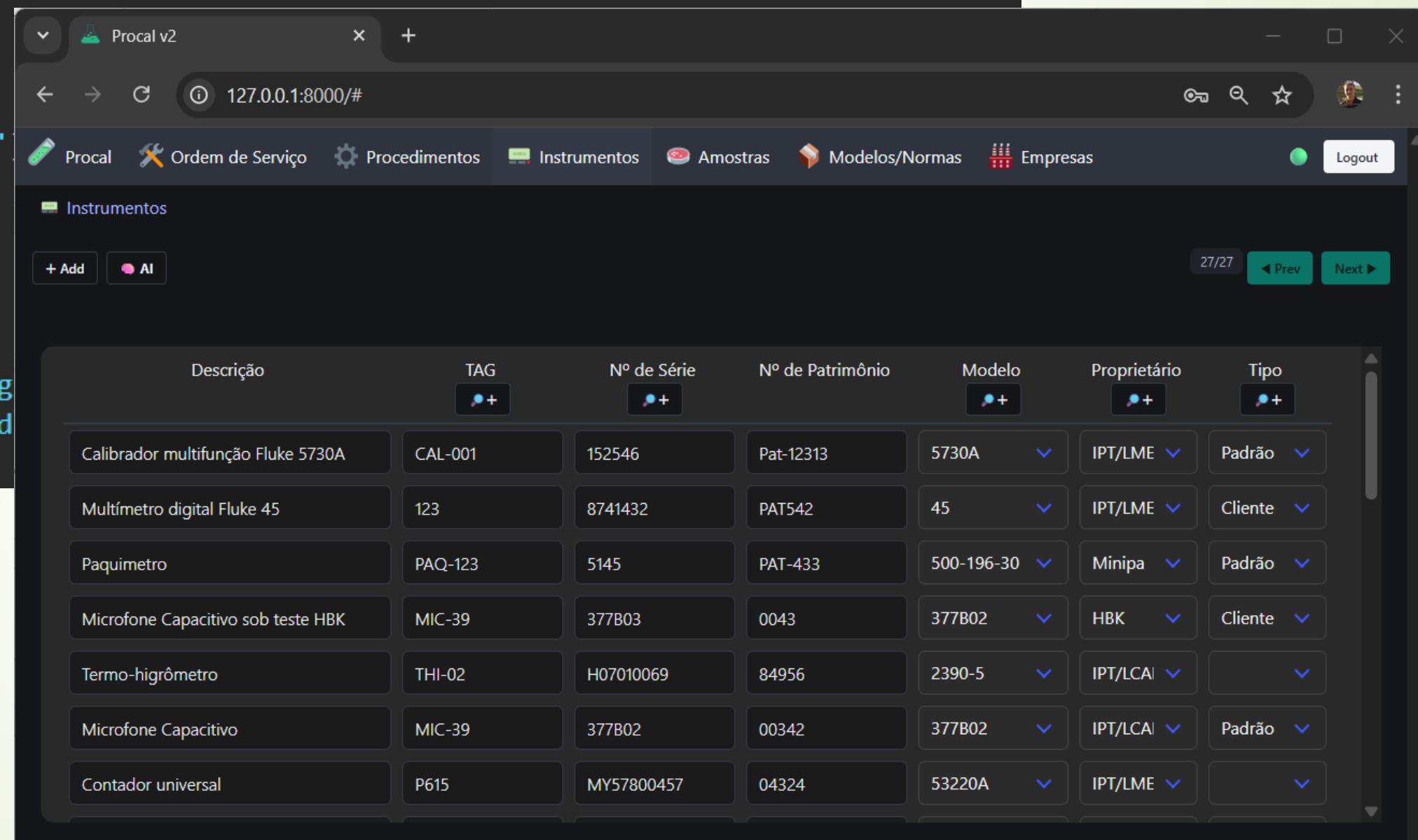
Data	Erro (mA)
Nov 2022	0.000
May 2023	0.000
Nov 2023	-0.001
May 2024	-0.001
Nov 2024	-0.002
May 2025	-0.002

PROCAL "COPILOT"

Não queremos
que isso ocorra!

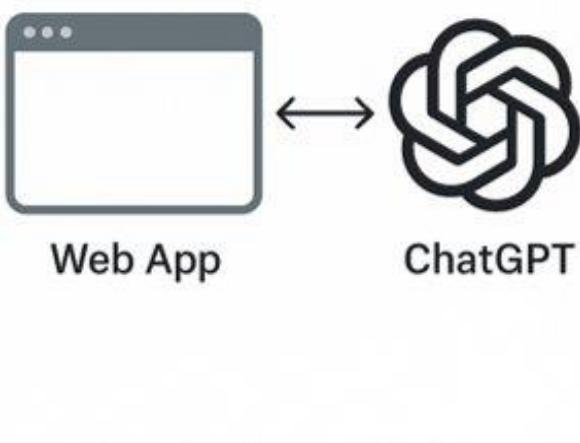


{JSON}

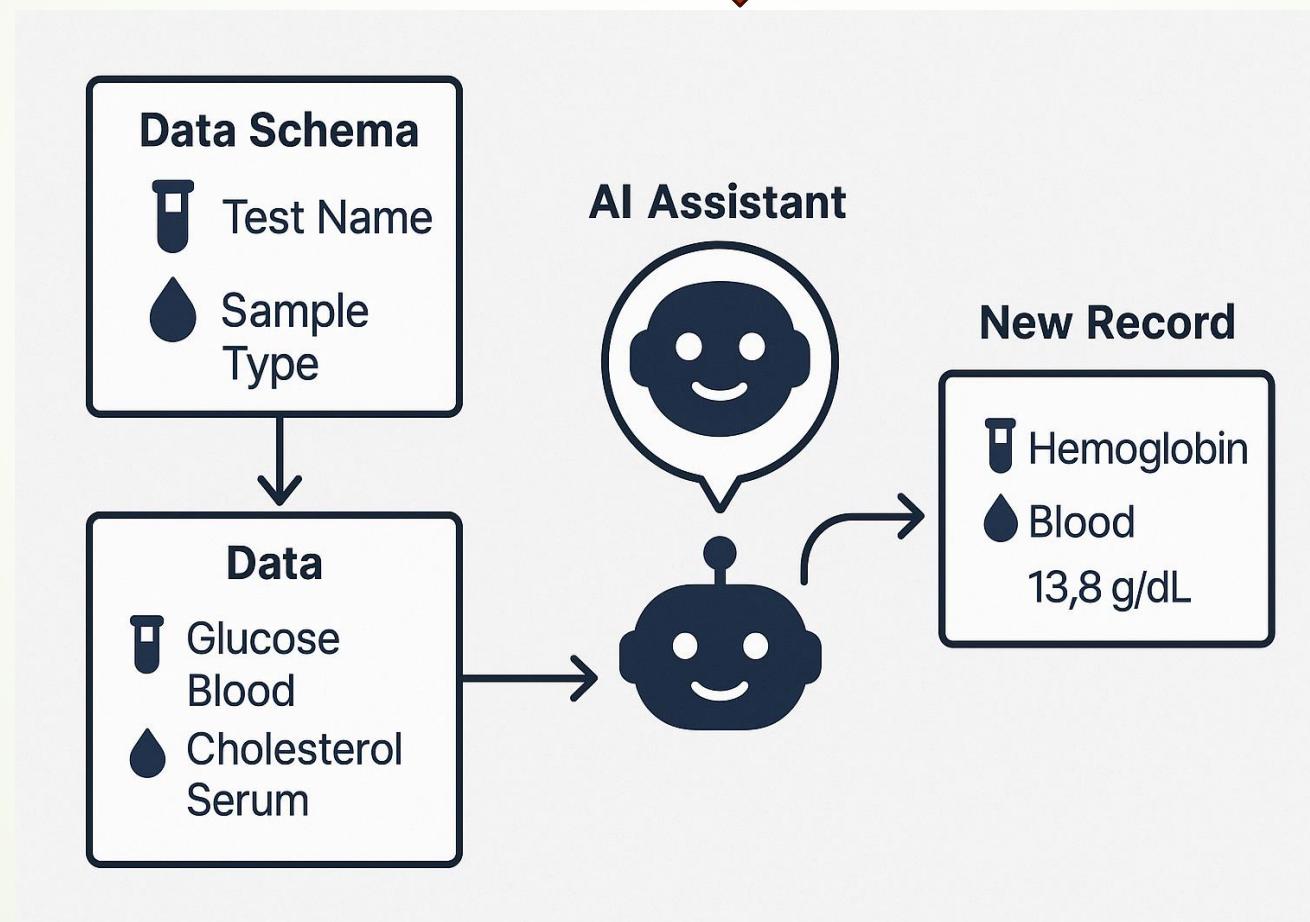
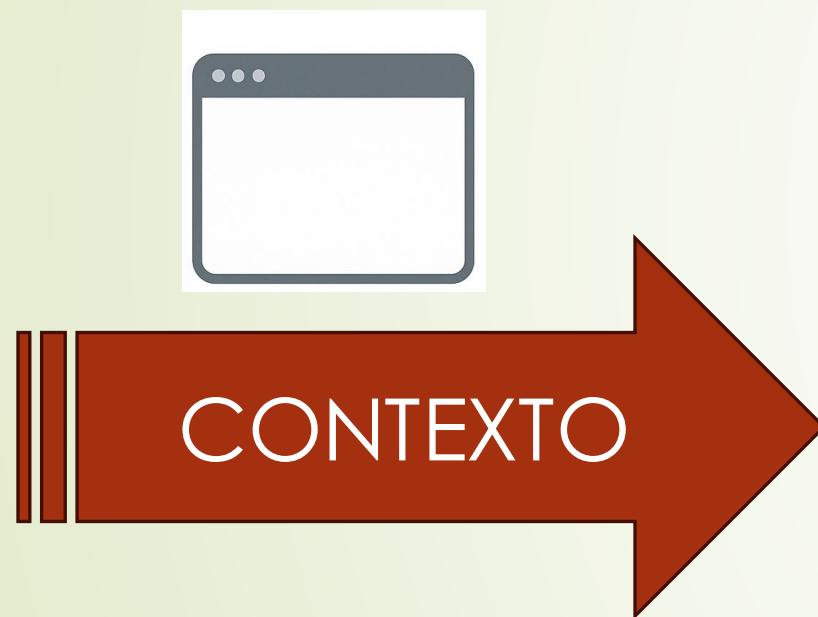




FUNCIONAMENTO



tela + dados = **contexto**



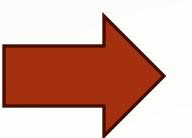
NOVOS REGISTROS
NO SOFTWARE



Uso de IA para automatizar a inserção de dados não estruturados no sistema

AI Automation

The screenshot shows a software window titled "AI Automation". It displays a calibration certificate from the Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) for a DC voltage calibrator. The certificate includes the IPT logo, the laboratory name, and accreditation information. Below the certificate, there are two tables of calibration data: one for the 100 mV DC range and another for the 1 V DC range. Each table lists voltage (VI), reference voltage (VR), error (Erro), EMA, and other parameters. At the bottom of the window, there are buttons for "Scaffold Dados da Calibração" and "Close".



ProCal v2

Modelo / Padrões / Reclassificações / Análise do Certificado

Nome: 3458A Observações: Vamos testar c... Certificado: 955426-101, Ori...

+ Add Row Remove Rows AI Scaffold

FILTERS

Faixa: 1 V DC

Faixa	Ponto	Erro	Incerteza	k	Limite
1 V DC	0.24999798	0.00000038	0.00000013	2.00	point*3e-6+5e-6
1 V DC	0.49999696	0.00000065	0.00000026	2.01	point*3e-6+5e-6
1 V DC	0.74999610	0.00000093	0.00000038	2.00	point*3e-6+5e-6
1 V DC	0.99999507	0.00000105	0.00000051	2.00	point*3e-6+5e-6
1 V DC	-0.99999498	-0.00000120	0.00000050	2.00	point*3e-6+5e-6

Análise do Certificado

The graph plots the measured values (Série 0) against the value. The x-axis ranges from -0.8 to 0.8, and the y-axis ranges from -0.5 to 0.5. A blue line represents the measured data points, and a red dashed line represents the uncertainty limit. The data points show a linear increase from approximately -0.1 V at -0.8 to 0.1 V at 0.8.

Value: -- Série 0: -- Série 0 ± U: -- Série 0 Up. Limit: -- Série 0 Lo. Limit: --



Uso de IA para automatizar a inserção de dados não estruturados no sistema

AI Automation

Captura e Esboço

Dc voltage				
Range	Full scale	Maximum resolution	Input impedance	Temperature coefficient (ppm of reading + ppm of range) / °C
100 mV	120.00000	10 nV	> 10 GΩ	Without ACAL ¹ 1.2 + 1 With ACAL ² 0.15 + 1
1 V	1.20000000	10 nV	> 10 GΩ	1.2 + 0.1 0.15 + 0.1
10 V	12.0000000	100 nV	> 10 GΩ	0.5 + 0.01 0.15 + 0.01
100 V	120.000000	1 µV	10 MΩ ± 1%	2 + 0.4 0.15 + 0.1
1000 V	1050.00000	10 µV	10 MΩ ± 1%	2 + 0.04 0.15 + 0.01

Accuracy³ [ppm of reading (ppm of reading for Option 002) + ppm of range]

Range	24 hour ⁴	90 day ⁵	1 year ⁵	2 year ⁵
100 mV	2.5 + 3	5.0 (3.5) + 3	9 (5) + 3	14 (10) + 3
1 V	1.5 + 0.3	4.6 (3.1) + 0.3	8 (4) + 0.3	14 (10) + 0.3
10 V	0.5 + 0.05	4.1 (2.6) + 0.05	8 (4) + 0.05	14 (10) + 0.05
100 V	2.5 + 0.3	6.0 (4.5) + 0.3	10 (6) + 0.3	14 (10) + 0.3
1000 V ⁶	2.5 + 0.1	6.0 (4.5) + 0.1	10 (6) + 0.1	1 10 + 0.1

Scaffold Dados da Calibração Close

ProCal v2

Modelo / Faixas Nome: 3458A

+ Add Row AI Scaffold

100 V - 300 kHz to 1 MHz	100	500000	1000000	M	V	0,011
100 V - 1 MHz to 2 MHz	100	1000000	2000000	M	V	0,011
1000 V - 1 Hz to 40 Hz	1000	1	40	M	V	0,011
1000 V - 40 Hz to 1 kHz	1000	40	1000	M	V	0,022
1000 V - 1 kHz to 20 kHz	1000	1000	20000	M	V	0,011
1000 V - 20 kHz to 50 kHz	1000	20000	50000	M	V	0,011
1000 V - 50 kHz to 100 kHz	1000	50000	100000	M	V	0,033
1000 V - 100 kHz to 300 kHz	1000	100000	300000	M	V	0,011
1000 V - 300 kHz to 1 MHz	1000	300000	1000000	M	V	0,011
100 mV DC	100	0	100	m	V	1e-8
1 V DC	1	0	1		V	1e-8
10 V DC	10	0	10		V	1e-7
100 V DC	100	0	100		V	0,000001
1000 V DC	1000	0	1000		V	0,00001



Uso de IA para automatizar a inserção de dados não estruturados no sistema

AI Automation

V I VRp

0,300 0,310

0,310 0,310

0,318 0,318

0,315 0,315

0,314 0,314

0,312 0,312

0,317 0,317

0,315 0,315

0,319 0,319

0,314 0,314

Scaffold Dados da Calibração

ProCal v2 Procedimentos Instrumentos Modelo Unidades 10th Prefixos D

Instrumentos / Calibração / Pontos da Calibração / Leituras

Descrição: Calibrador Multif... Certificado: 111111-101 Ponto: 0,3

+ Add Row

VI	VRp
0,300	0,310
0,300	0,310
0,300	0,318
0,300	0,315
0,300	0,314
0,300	0,312
0,300	0,317
0,300	0,315
0,300	0,319
0,300	0,314

Budget

Variável	Componente	Inc. Padrão	Divisor	Coef.	Contribuição	
Rp	Drift	0.003	1.732	0.3144	0.0055	
Rp	Calibração	0.002	1.483	0.3144	0.0043	
VRp	read	0.0031	3.1623	-0.9999	9.7989e-4	
VI	Resolução	5.0000e-4	1.732	1	2.8868e-4	
VRp	Reclass	2.0000e-4	1.96	-0.9999	1.0205e-4	
VI	read	5.8514e-17	3.1623	1	1.8504e-17	
VRp	Análise do Certificado	1.6349e-7	1.96	-0.9999	8.3421e-8	

Result

Unidade	VI	VR	Erro	U	k	veff
mA	0,300	0,314	-0,014	0,014	2,00	∞

Tendência do ponto

Time: -- Série 0: -- Série 0 ± U: --
Série 0 Up. Limit: -- Série 0 Lo. Limit: --

Conclusão

- O assistente de IA pode reduzir trabalhos repetitivos, como digitalização de certificados enquanto não temos o amplo uso do DCC
- Ampliação para consultas inteligentes dos dados e ajuda na tomada de decisões
- Geração automática de contexto já é uma realidade e ajuda na criação de "drivers" para automação de instrumentos
- Uma boa estruturação dos dados é essencial para obter sucesso no uso das LLMs no contexto metrológico



AGRADECEMOS SUA PRESENÇA !