Refinamento da Inteligência: Artificial + Natural

Como a IA pode ampliar a experiência, a produtividade e a tomada de decisão na Refinaria



A POLI-UPE está fazendo o quê?



A POLI-UPE está fazendo o quê?

Desde 1912, formação e pesquisa que aproximam engenharia e tecnologia

08 Cursos de Graduação + 03 Cursos de Mestrado e 03 Cursos de Doutorado: ≈ 400 discentes de Pós

Competências	Exemplos concretos na POLI	Possibilidades para a RNEST
IA e dados	Grupos em inteligência computacional, reconhecimento de padrões e ciência de dados	Previsão de consumo, diagnóstico e apoio à decisão
Baterias e Energia	Pesquisas em íons de lítio (2024); refrigeração de baterias (2022); Aplicações de BESS em Subestações de Energia Elétrica	Modelagem e otimização da operação de BESS

Uma base multidisciplinar para desenvolver projetos de IA e BESS com a indústria

IA é importante?



https://www.economist.com/the-world-this-week/2023/11/02/kals-cartoon

Anatomia de uma Tomada de Decisão

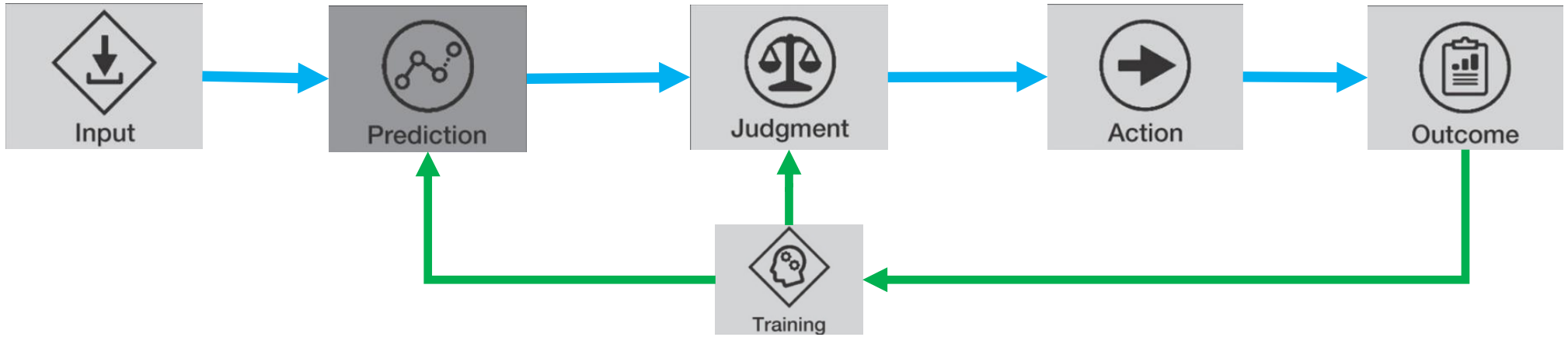
As “Prediction Machines” são tão valiosas porque:

1. Podem produzir “predictions” melhores, mais rápidas e mais baratas do que os humanos;

2. A “Prediction” é um ingrediente-chave na tomada de decisão sob incerteza; e

3. A tomada de decisão é onipresente em toda a nossa vida econômica e social.

No entanto, uma “Prediction” não é uma decisão — é apenas um componente de uma decisão.



Ajay Agrawal, Joshua Gans and Avi Goldfarb, **“Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence”**, Harvard Business Review Press, April 2018.

Três formas de transformar dados em decisões

A diferença central é quem define a lógica, como a decisão é produzida e quanta autonomia o sistema possui.

01

AUTOMAÇÃO CLÁSSICA

Regras explícitas

SE condição → ENTÃO ação

Lógica	Programada por pessoas
Decisão	Determinística, baseada em regras
Adaptação	Exige alteração das regras
Controle	Fluxo predefinido

Excelente para rotinas estáveis e previsíveis

02

AUTOMAÇÃO COM ML

Padrões aprendidos

Dados → Modelo → Previsão

Lógica	Aprendida a partir de dados
Decisão	Probabilística: score ou classe
Adaptação	Retreinamento e monitoramento
Controle	Fluxo externo ao modelo

Excelente para prever, classificar e detectar padrões

03

IA AGÊNTICA

Objetivos e ações

Objetivo → Planejar → Agir ↻

Lógica	Raciocínio + ferramentas + contexto
Decisão	Contextual, em múltiplas etapas
Adaptação	Replaneja com feedback
Controle	Guardrails + aprovações humanas

Excelente para processos variáveis e multietapas

A Maturidade da IA nas empresas brasileiras

George Westerman, do MIT Sloan: **"For AI transformation, the hard part is not the AI."**

OS 4 DEGRAUS DA AUTONOMIA

28% **Comando**
IA responde a solicitações

42% **Assistente**
IA sugere; pessoas decidem

21% **Agente supervisionado**
IA executa sob supervisão

6% **Agente autônomo**
IA executa; pessoas monitoram

CAPACITAÇÃO FAZ DIFERENÇA

7,37 vs. **5,57**

Índice de maturidade: empresas que treinam vs. não treinam

32% vs. **17%**

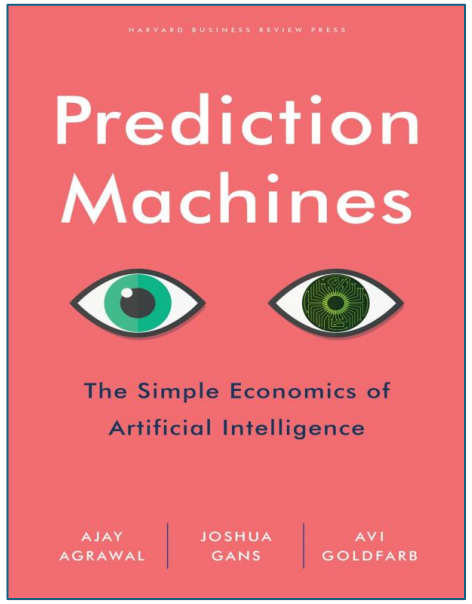
Uso de IA agêntica: com vs. sem treinamento

Aplicação de IA = Conhecimento Técnico + Senso Crítico + Criatividade + Trabalho em Equipe

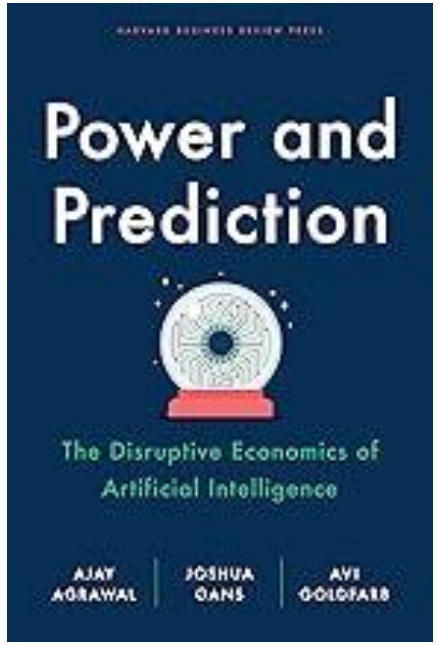
PRIORIDADES Treinar pensamento crítico • Definir alçadas e supervisão • Integrar dados e redesenhar processos

Fonte: MIT SMR Brasil + TOTVS (2026), "Da Adoção à e+Escala – A maturidade da inteligência artifical nas empresas brasileiras" .

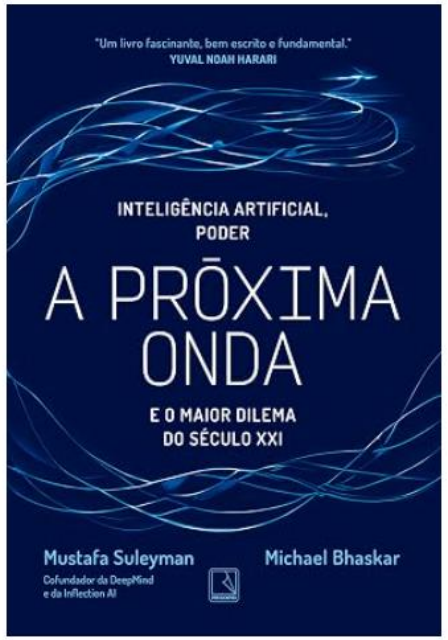
Sugestões de Leitura



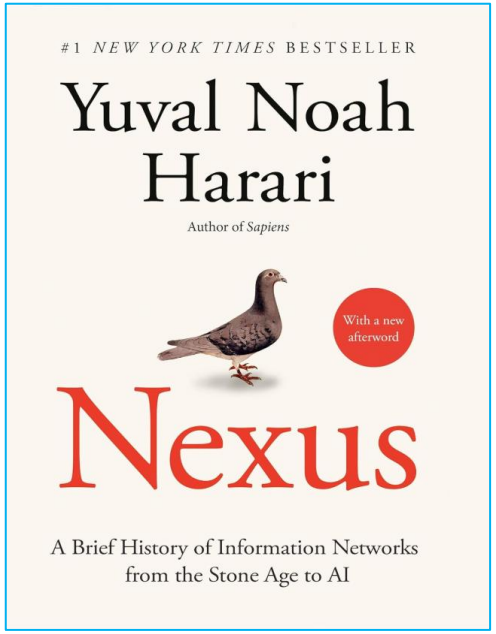
2018



2022



2023



2024

FIM

Refinamento da Inteligência: Artificial + Natural

Como a IA pode ampliar a experiência, a produtividade e a tomada de decisão na Refinaria

Operação Inteligente de BESS em Refinarias

Para Redução de Custos, Flexibilidade Energética e Descarbonização

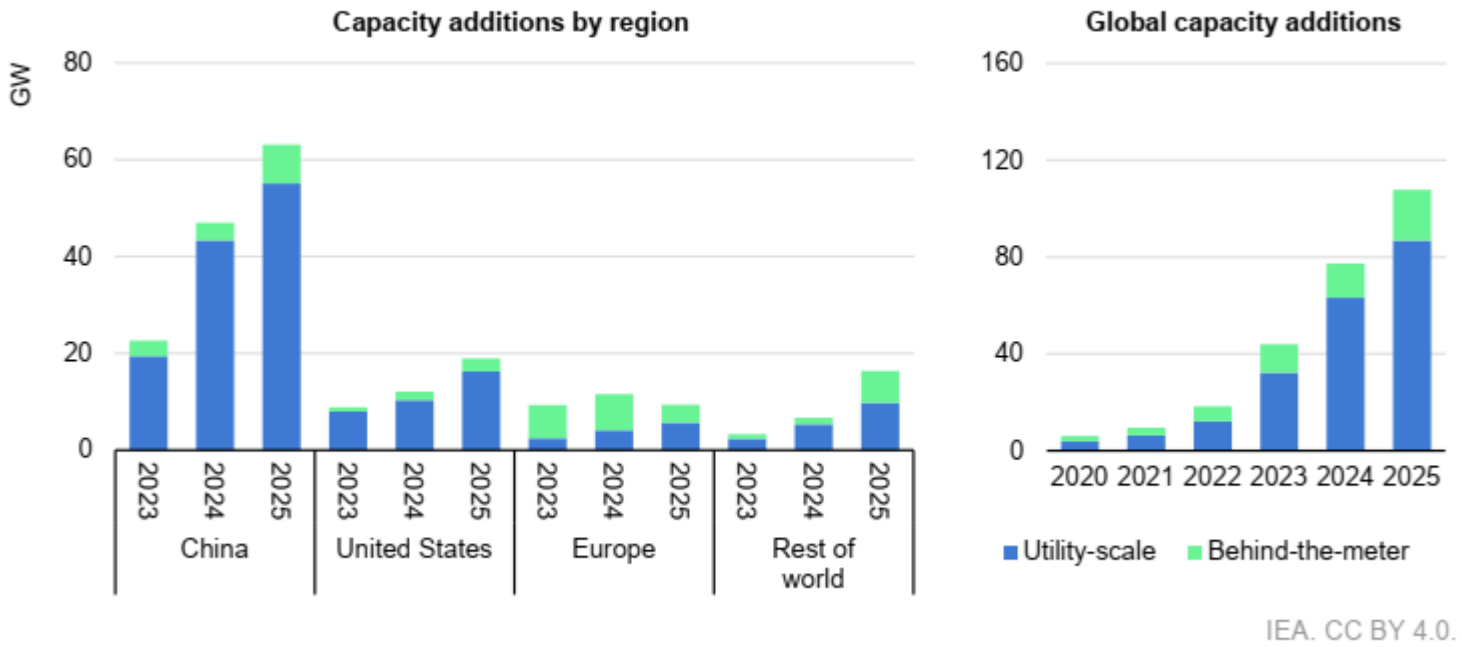


BESS is the fastest growing power technology today

Reports / Global Energy Review 2026

Global Energy Review 2026

Battery storage capacity additions in selected regions, 2023-2025, and global capacity additions, 2000-2025



IEA. CC BY 4.0.

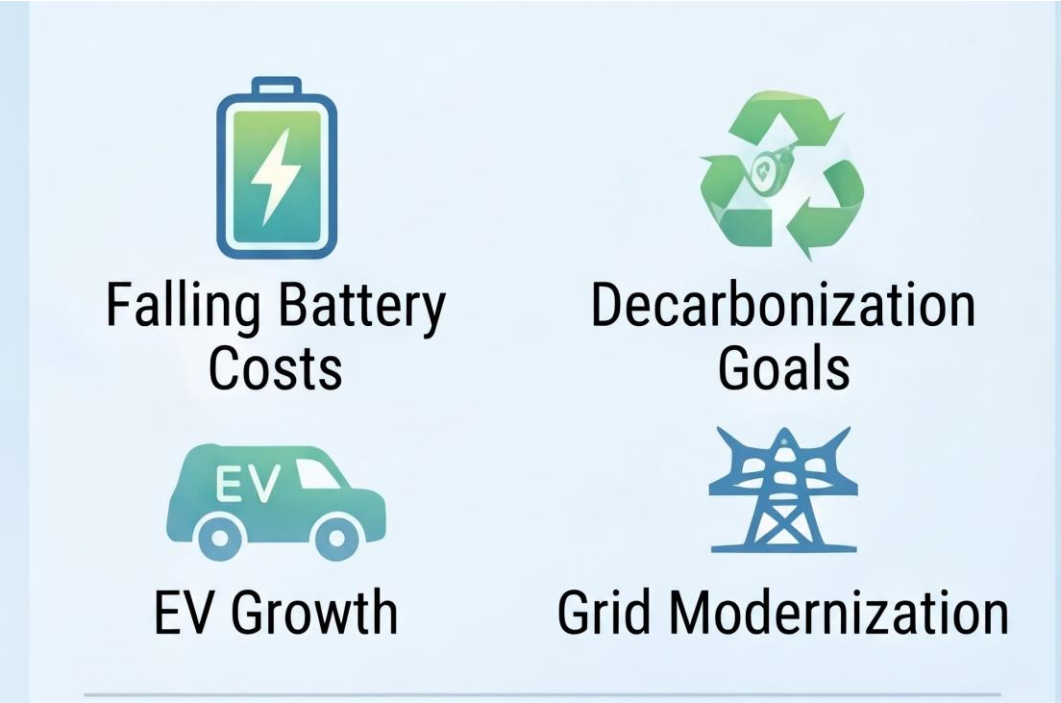
Note: 2025 values are based on Benchmark (2026) data.

In 2025, 108 GW of new battery storage capacity was deployed worldwide, 40% more than in 2024.

Installed capacity is now eleven times higher than in 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global Energy Review 2026**. Paris: IEA, 2026. Disponível em: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2026.

Key Market Drivers for BESS





WU, Fu-Bao; YANG, Bo; YE, Ji-Lei (ed.). **Grid-scale energy storage systems and applications**. London: Academic Press, 2019.

PRABHANSU; KUMAR, Nayan (ed.). **Emerging trends in energy storage systems and industrial applications**. London: Academic Press, 2023.

Hybrid PV-Battery Storage System for Substation Resilience: Field Deployment and Operational Assessment



FIGURE 1. HBESS and photovoltaic array deployed in a high voltage substation.

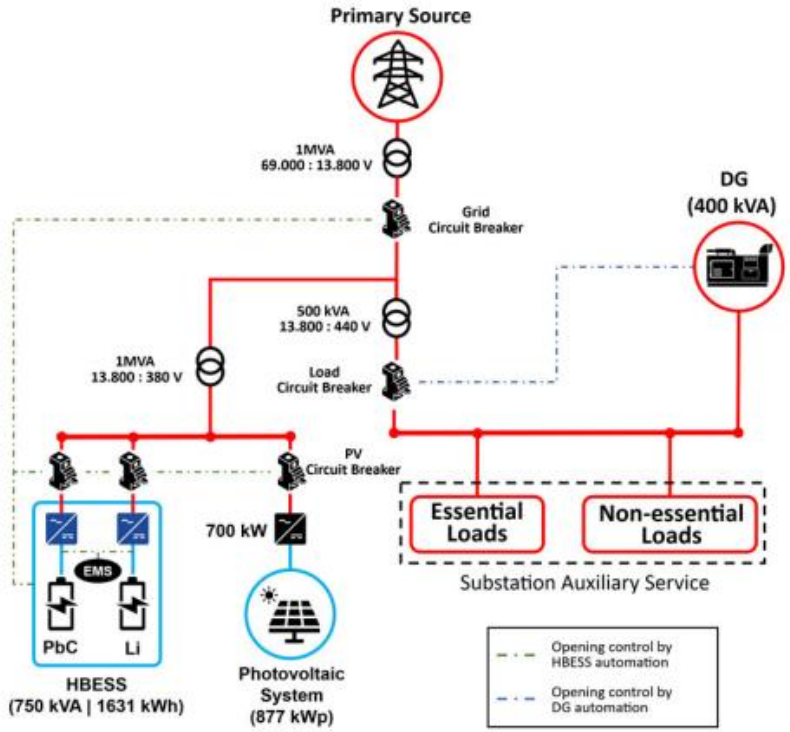


FIGURE 2. Microgrid formed by HBESS, PV plant, diesel generator and SAux.

A. M. D. C. Arcanjo *et al.*, **"Hybrid PV-Battery Storage System for Substation Resilience: Field Deployment and Operational Assessment,"** in *IEEE Access*, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3642705.

BESS Utilizando Reinforcement Learning

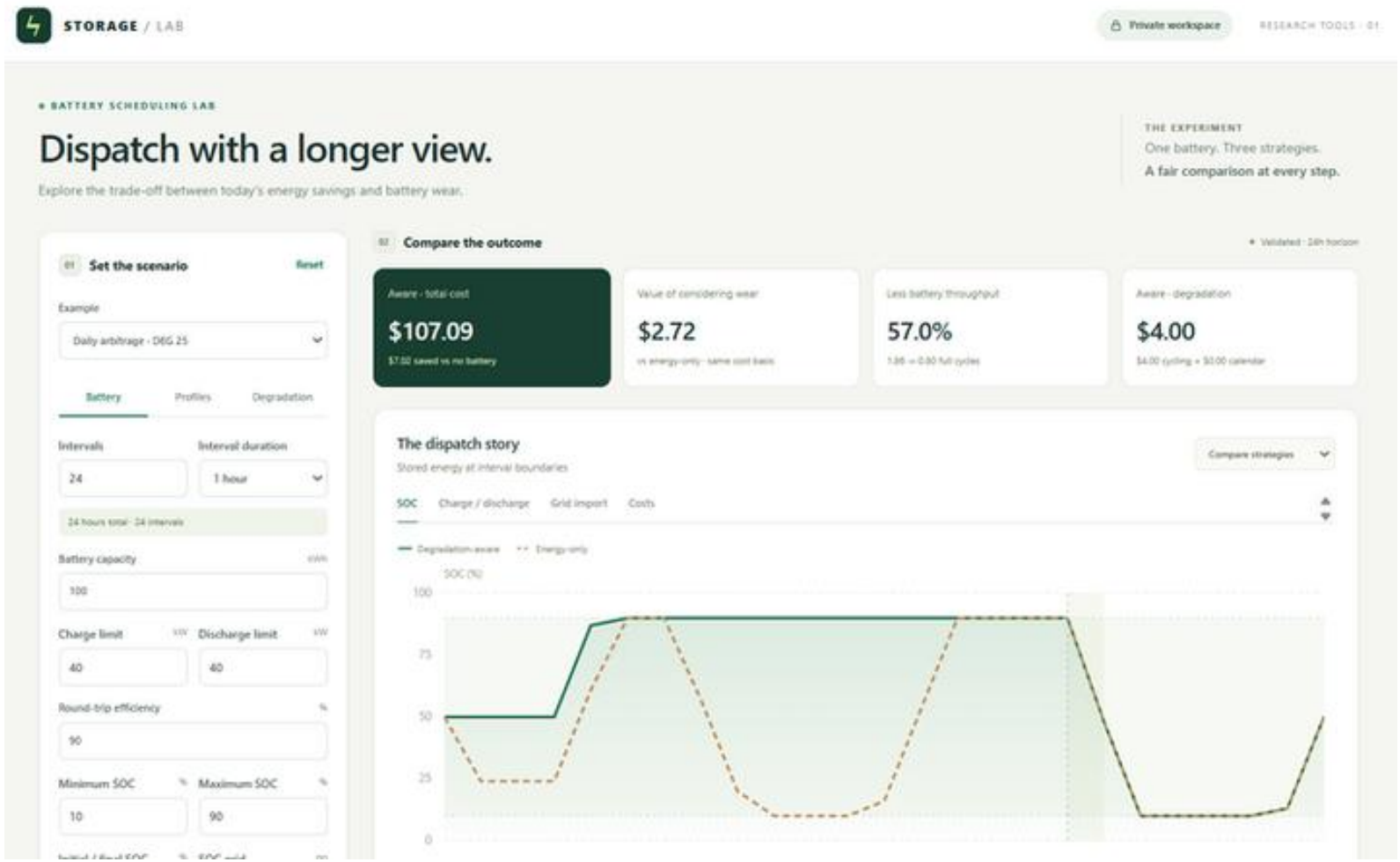


Técnica	Índice BESS (R$/MWh/dia)
Epsilon-Greedy	4.487,97
Epsilon-Greedy Fuzzy	3.085,49
Operação Fixa	2.315,98

Heitor A. Nunes, Eduardo Sodré, Rafael de O. Fernandes, André V. R. N. da Silva, Luiz G. de S. Duda, Roberto F. Dias Filho e Ivan N. da Silva, **"Maximização da Arbitragem em Tempo Real de Plantas Híbridas com BESS Utilizando Reinforcement Learning"**, XXVIII SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 19 a 22 de outubro de 2025, Recife-PE, Brasil.

STORAGE / LAB

STORAGE / LAB



https://battery-scheduling-lab-eduardo.ampleant1.chatgpt.site/

FIM

Operação Inteligente de BESS em Refinarias

Para Redução de Custos, Flexibilidade Energética e Descarbonização

IA, Flexibilidade e Descarbonização

na Refinaria do Futuro



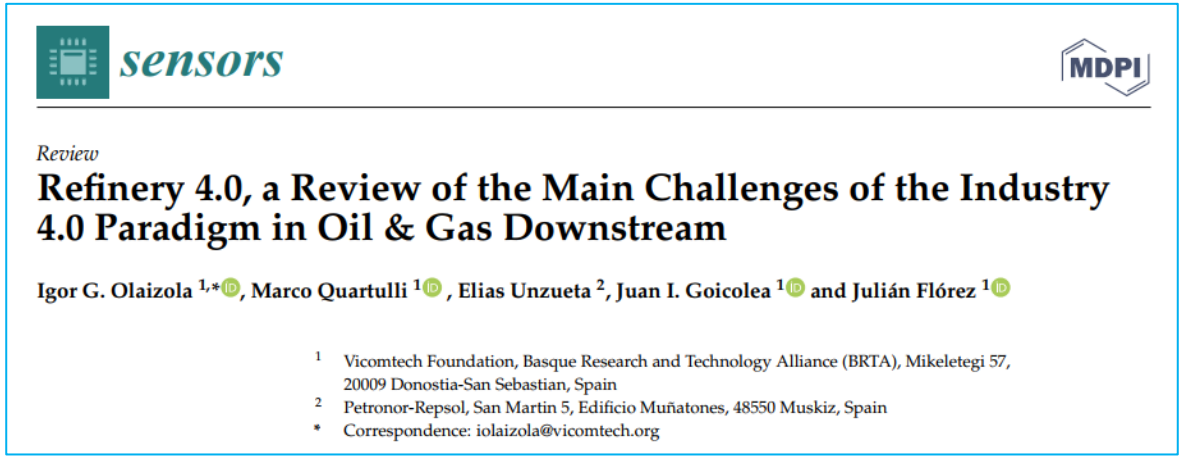
AI in Real-World Oil Refineries

The peer-reviewed literature confirms that Artificial Intelligence have moved from theoretical frameworks to real-world deployment across petroleum refining and downstream processing facilities (Tatiya et al., 2025; García Olaizola et al., 2022; Askar et al., 2026).

Industrial implementations primarily focus on enhancing process safety, optimizing operating margins, predicting real-time fuel qualities, and conducting predictive equipment maintenance (Tatiya et al., 2025; Thorpe, 2022; García Olaizola et al., 2022).

Operational Domain	Applied AI & Modeling Methods	Primary Refinery Impact	Key Source
Fuel Blending	GA-ANN hybrid networks & SVR	Maintains octane specifications (R^2 = 0.99) and reduces quality giveaways	(Jameel, 2025)
Distillation Units	LSTM networks & physics-informed neural twins	Identifies column temperature gradients and estimates tray compositions	(Askar et al., 2026; Patra et al., 2026)
Process Optimization	Multi-period dynamic digital twins	Reconciles unit operations under ambient variations and feed shifts	(Thorpe, 2022)
Hydroprocessing	Hybrid SVR & Bayesian optimization	Predicts desulfurization yields and SO_2 emissions (correlation > 98%)	(Al-Jamimi et al., 2022)
Equipment Reliability	Random forests, PCA & Dirichlet clustering	Anticipates hydrocracker machinery faults and pipeline pressure risks	(Priyanka et al., 2021; Bukhtoyarov et al., 2022)

Refinery 4.0



sensors

MDPI

Review

Refinery 4.0, a Review of the Main Challenges of the Industry 4.0 Paradigm in Oil & Gas Downstream

Igor G. Olaizola [1,*], Marco Quartulli [1], Elias Unzueta [2], Juan I. Goicolea [1] and Julián Flórez [1]

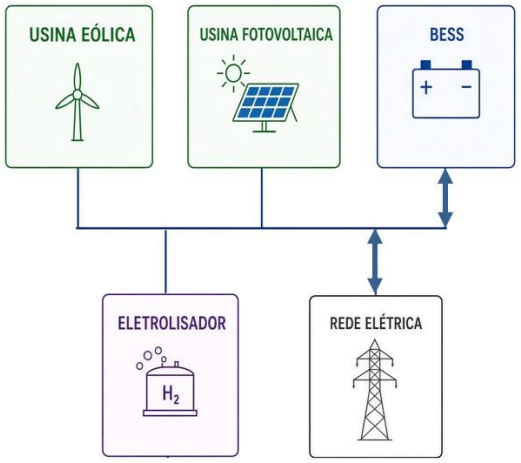
[1] Vicomtech Foundation, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Mikeletegi 57, 20009 Donostia-San Sebastian, Spain
[2] Petronor-Repsol, San Martin 5, Edificio Muñatones, 48550 Muskiz, Spain
* Correspondence: iolaizola@vicomtech.org

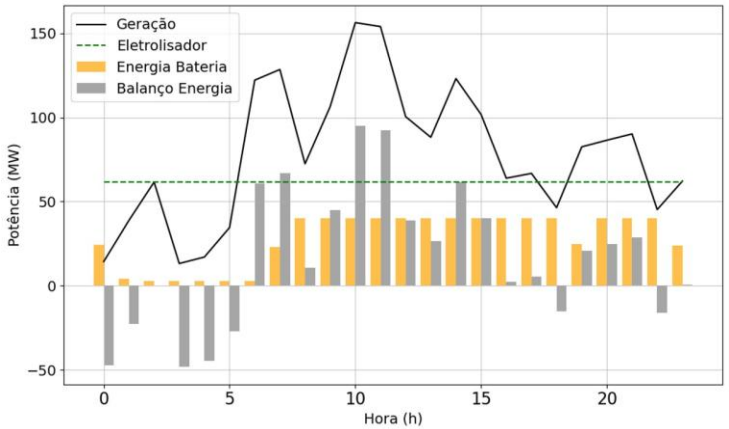
2.2. Integration of Machine Learning Models

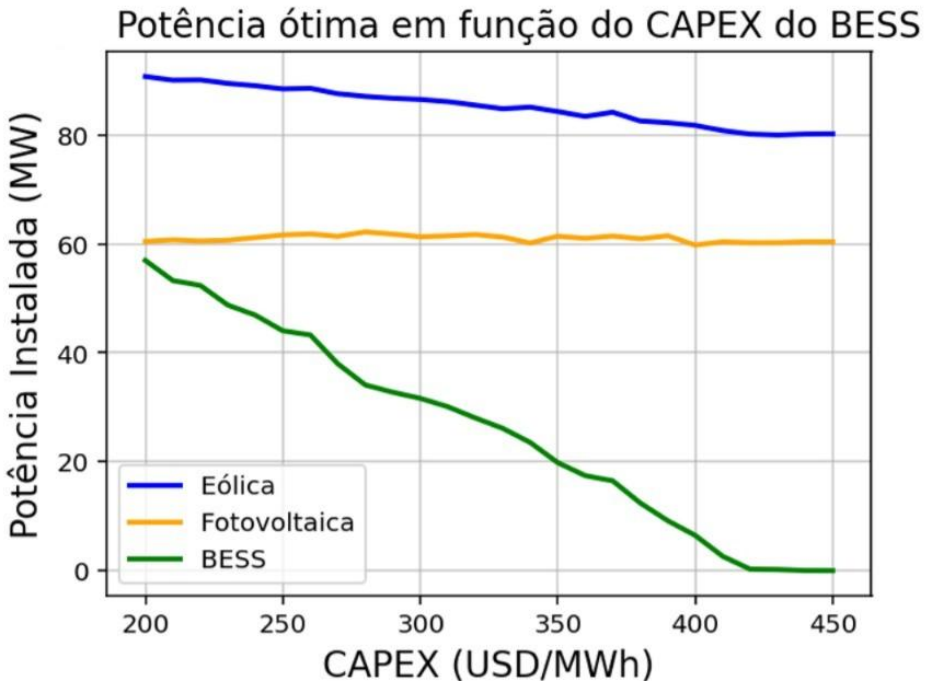
For the sake of safety and robustness in production efficiency, all machine learning methods have to be extensively validated before they directly command any process. Therefore, we present a validation, integration and operational testing methodology used for AI related Oil refining processes carried out within Petronor. According to this methodology, ML modules are validated first by domain experts that are already in charge of the related process.

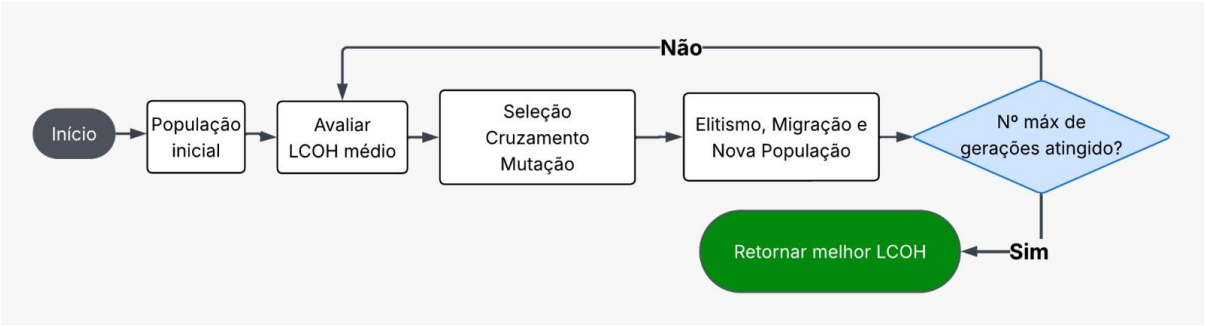
As mentioned in previous sections, the level of digitization and real-time data capturing is well established in current refineries. In the case of Petronor, more than 40,000 operation variables are recorded each minute, and other data such as chemical analytics or planning/scheduling data and maintenance-related data is stored in their corresponding databases.

A Refinaria como um Smart Energy Hub









B. B. S. Carvalho, E. A. Sodré, R. F. Dias Filho e M. H. N. Marinho, **"Avaliação de Risco do Custo Nivelado do Hidrogênio Verde Considerando Geração de Fontes Renováveis e Utilização de BESS"**, CBA 2026: XXVI Congresso Brasileiro de Automática, 06 a 09 de outubro de 2026, São Paulo, SP, Brasil.

Refinaria do Futuro

A Refinaria do Futuro não será operada apenas pela Inteligência Artificial, mas por **uma nova combinação entre Artificial e Humano**, na qual dados e algoritmos ampliam — e não substituem — conhecimento técnico, experiência e julgamento humano.

O quê a POLI-UPE pode fazer junto com vocês?

NECESSIDADE DO PARCEIRO	CAMINHOS COM A POLI-UPE	RESULTADO POSSÍVEL
Tenho um problema tecnológico.	PD&I • PoC • consultoria tecnológica • laboratórios	**Solução testada / plano tecnológico**
Tenho uma ideia, mas preciso testá-la.	Protótipos • Inovação aberta • MVP • pesquisa aplicada • piloto	**Evidência técnica para decidir**
Quero financiar uma inovação.	FINEP • FACEPE • Lei do Bem* • editais • programas setoriais	**Projeto estruturado e financiável**
Quero encontrar novas soluções.	Inovação aberta • challenges • cocriação	**Portfólio de alternativas**
Preciso capacitar minha equipe.	Cursos • capacitação customizada • residência tecnológica	**Equipe preparada para implantar**
Preciso de novos talentos.	TCC • IC • extensão • mestrado/doutorado • projetos conjuntos	**Pipeline de talentos e conhecimento**
Sou órgão público e tenho um desafio.	CPSI • ETEC • PD&I cooperativo • pilotos e demonstrações	**Solução inovadora validada**

PRÓXIMO PASSO → reunião técnica curta para transformar o desafio em escopo, instrumento, equipe e plano de execução.

Obrigado

Prof. Eduardo de Aguiar Sodré, D.Sc.
E-mail: eas@poli.br
WhatsApp: +55 81 981159977
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3749987456981059
LinkedIn: www.linkedin.com/in/eduardo-sodré-45a76999
Work website: https://citenergia.org
Personal website: https://eduardo-sodre.eng.br

MATERIAL DE APOIO

O quê a POLI-UPE pode fazer junto com vocês?

A **Encomenda Tecnológica (ETEC)** é um importante instrumento de **compra pública de inovação** previsto na Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004, atualizada pelo Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação – Lei nº 13.243/2016) e regulamentado pelo Decreto nº 9.283/2018. Em termos práticos, trata-se de um mecanismo jurídico que permite à Administração Pública **contratar diretamente** empresas, startups ou Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) para realizar atividades de **Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)** com o objetivo de solucionar um problema técnico específico ou desenvolver um produto/sistema inovador que **ainda não existe pronto no mercado**.

O **CPSI** refere-se ao **Contrato Público para Solução Inovadora**. Trata-se de uma modalidade especial de licitação criada pelo **Marco Legal das Startups e do Empreendedorismo Inovador** (Lei Complementar nº 182/2021). Enquanto a Encomenda Tecnológica (ETEC) costuma ser voltada para grandes projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de longo prazo — muitas vezes envolvendo instituições científicas ou empresas consolidadas —, o **CPSI foi desenhado sob medida para aproximar o poder público de startups e empresas inovadoras de menor porte**, permitindo testes rápidos de tecnologias.



Petronor's Bilbao refinery, Biscay Province, in Spain's northern autonomous Basque Country.

Petronor Key Details

- **Country:** Spain
- **Region / Province:** Basque Country (Bizkaia)
- **Municipality / Location:** Muskiz and Abanto-Zierbena, near the Port of Bilbao
- **Parent Company:** Majority-owned subsidiary of **Repsol** (85.98%), alongside Kutxabank (14.02%)
- **Capacity:** Roughly 12 million tons per year, making it the largest oil refinery in the country.