Encontro Nacional do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP - 2026

Modelagem Preditiva do Desgaste de Brocas de Perfuração por Meio de Algoritmos de Aprendizado de Máquina e Parâmetros Operacionais

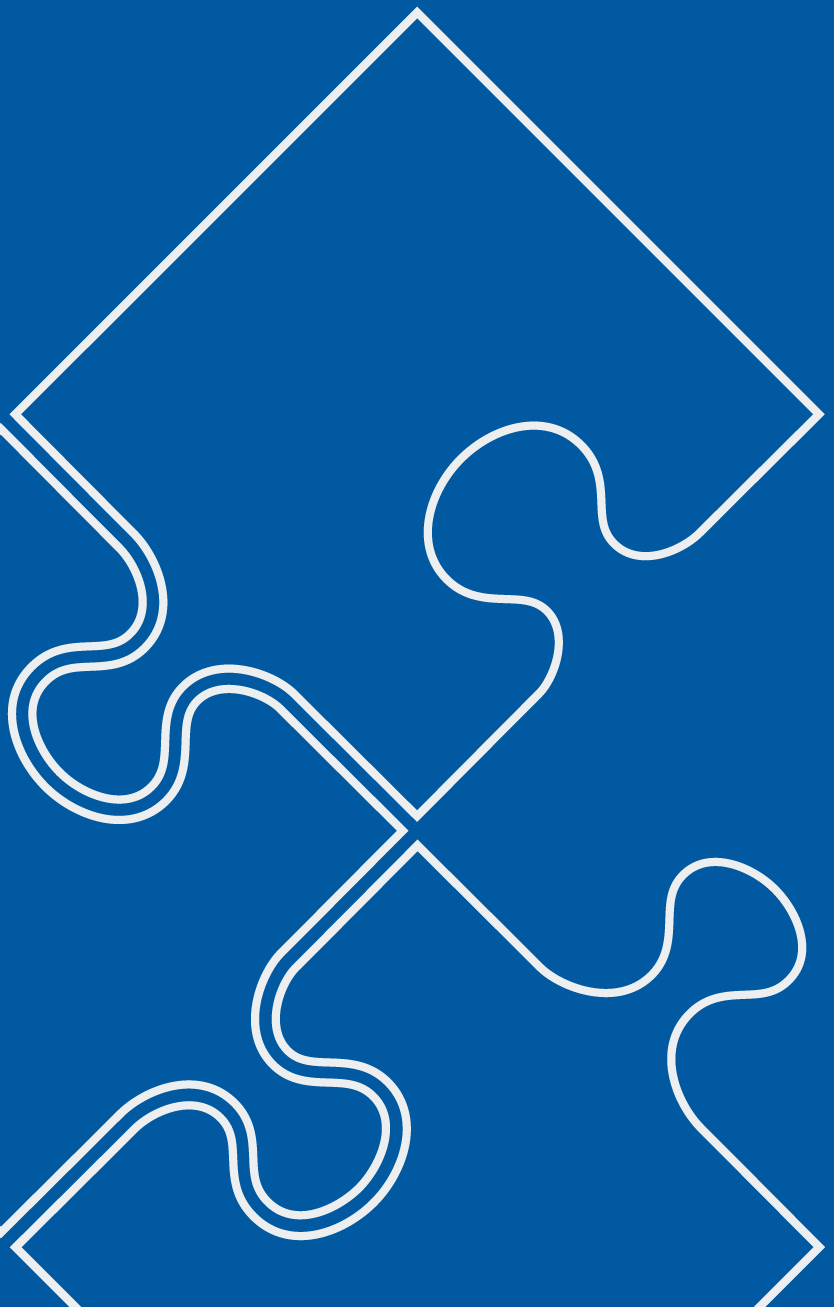
Ana Clara da Silva Lima, Lucas Pereira de Gouveia, Aline da Silva Ramos Barboza.

PRH 56/UFAL

Tipo de bolsa: Graduação

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Gestão:



#1

INTRODUÇÃO

O PROBLEMA

A **integridade** e a **eficiência das brocas** de perfuração são críticas, uma vez que o desgaste desses componentes **impacta diretamente a taxa de penetração (ROP).** Antecipar esse desgaste ainda na fase de planejamento e acompanhamento colabora na otimização de custos, mitigação de riscos e **diminuição da necessidade de realizar manobras**. Convertemos a incerteza física da perfuração numa vantagem competitiva previsível, maximizando a vida útil dos ativos e o retorno sobre o capital investido.





IL - Insertos Lascados
CT - Chipped Cuter



TT - Trinca no Cortador/Desintegração por temperatura
HC - Heat Checking



CE - Cone Erodido
ER - Erosion

Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

OBJETIVO GERAL

O presente trabalho foca na análise preditiva do desgaste de brocas no pré-sal brasileiro através de algoritmos de aprendizado de máquina. O objetivo é **realizar uma análise comparativa da capacidade preditiva de modelos físico-matemáticos** focando em brocas de cortadores fixos do tipo PDC (Polycrystalline Diamond Compact).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir um modelo preditivo baseado no modelo de **Bourgoyne et al. (1986) e adaptações sugeridas por Osguei (2007)** para estimar o desgaste de brocas PDC.
- **Calibrar** o modelo a partir de parâmetros operacionais (WOB, ROP, RPM).
- **Validar a aderência** dos resultados em relação às avaliações registradas em campo descritas pelo **Dull Grading.**

Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

CÓDIGO IADC DO DESGASTE DE BROCAS

A classificação do desgaste de uma broca é realizada mediante **avaliação técnica visual**, formalizada pelo **código IADC de desgaste**. Esse código organiza-se em uma matriz de oito caracteres, dividida em quatro categorias principais.

D				R	C	Observações	
Estrutura Cortante		Desgaste Principal		Rolamentos ou Selos	Calibre 1/16”	Outro Desgaste	Motivo da Retirada
Interna	Externa	Caracter.	Localização				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

MODELO MATEMÁTICO

O desgaste final (hf) da broca foi definido como a média dos dois primeiros dígitos da codificação IADC de cada corrida. Ademais, a base teórica foi construída através do equacionamento para a taxa de desgaste de Bourgoyne et al. (1986). O resultado foi a equação de calibração (Equação 1):

$$h(t) = \frac{\sqrt{1 + 2 \cdot a_1 \cdot \left(\left(a_2 \cdot e^{-a_4 \cdot t} + a_5 \right) \cdot \left[\frac{N^{a_3}}{\left(\frac{WOB}{d_b} \right)_{mech}} \right] \cdot t \right)} - 1}{a_1} \qquad (01)$$

Foi incorporando um termo de complexidade com decaimento exponencial para representar as constantes de interação da contribuição da broca e formação obtém-se.

Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

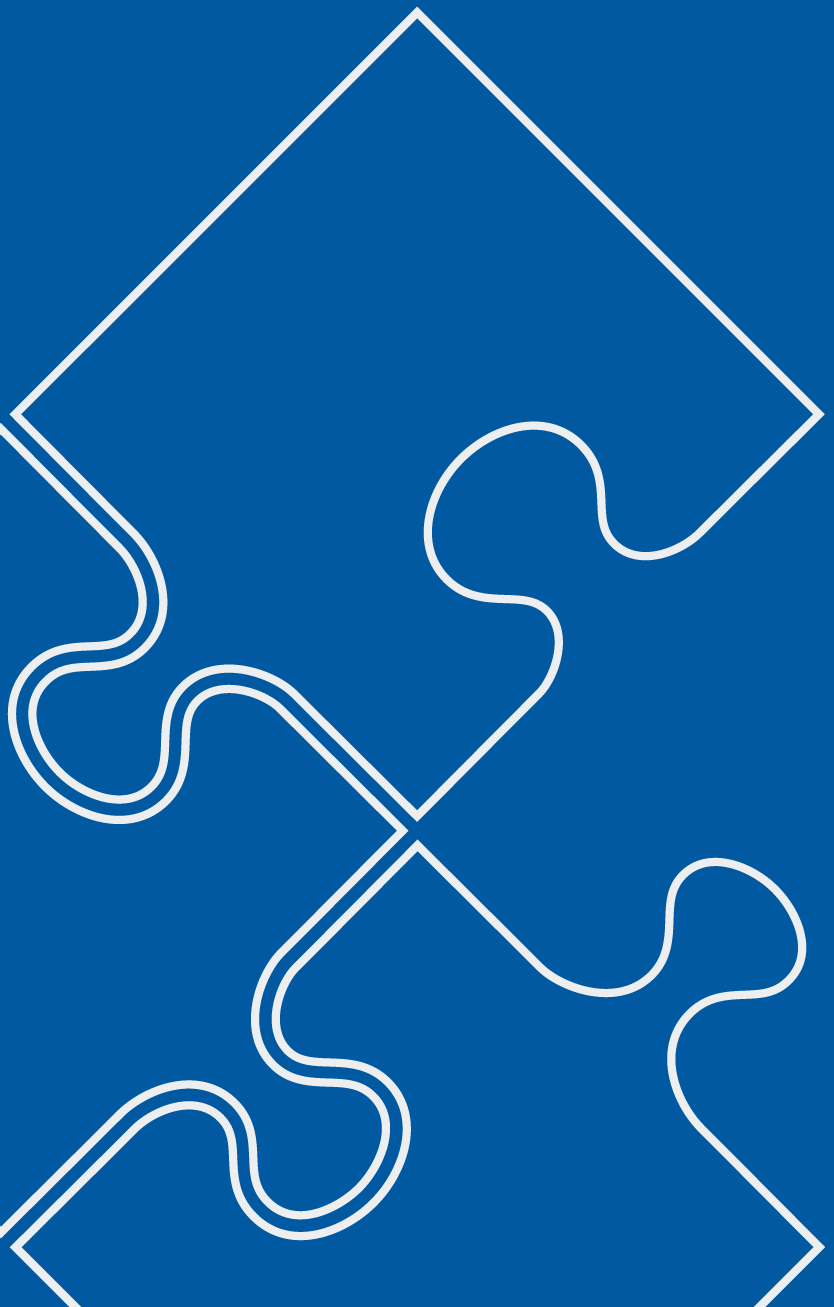
INOVAÇÃO E APLICABILIDADE

Historicamente, a indústria tomava decisões de desgaste com base em modelos lineares ou na intuição empírica de campo. O nosso projeto muda este paradigma ao introduzir uma plataforma preditiva baseada em **Algoritmos de aprendizado de máquina** e modelagem matemática avançada.

Espera-se que os resultados contribuam para um **planejamento operacional mais assertivo**, bem como para o aprimoramento das estratégias de **acompanhamento da evolução do desgaste** de brocas.



Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL



#2

METODOLOGIA

METODOLOGIA

- **Triagem** estruturada do banco de dados para a área do **Pré-sal,** selecionando exclusivamente corridas de **brocas PDC** e os parâmetros operacionais **WOB, ROP e RPM** (máximos, mínimos e médios).

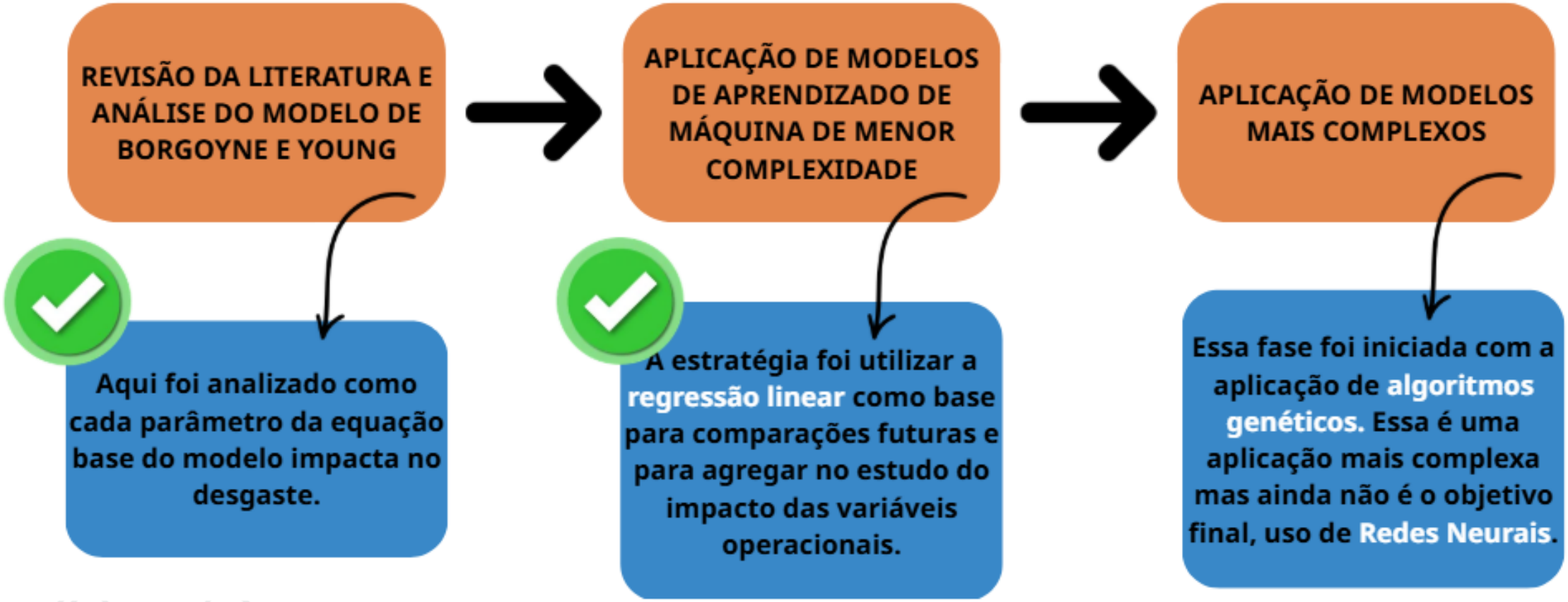
- Criação dos **datasets individualizados** por poço e aplicação do método Z-score para a **remoção de outliers.**

- Estruturação do processo de **calibração** da Equação 01 por meio de uma **função objetivo** projetada para calcular os desgastes previstos (hf) e minimizar o Erro Médio Absoluto (MAE) em relação aos dados reais.

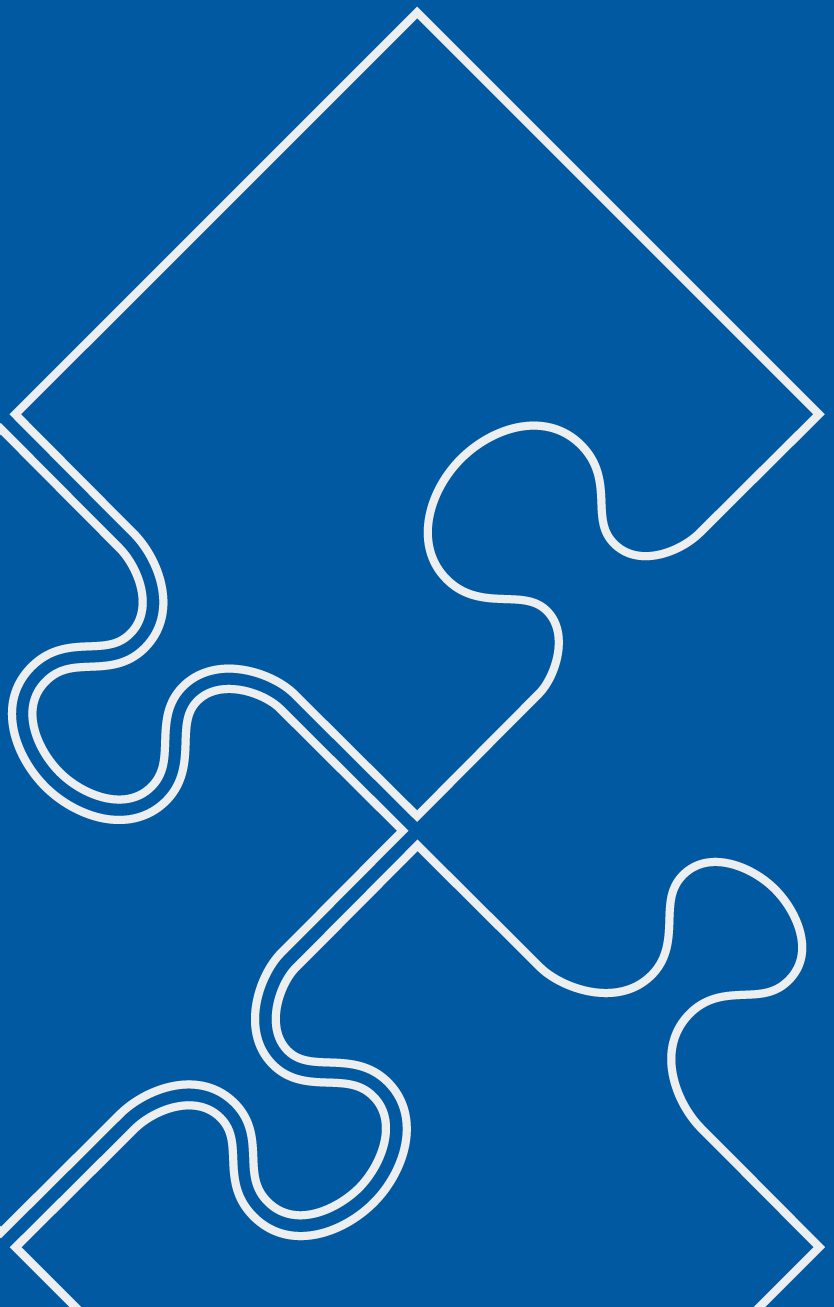
- Otimização híbrida: aplicação do **Algoritmo Genético (AG)** para busca global do conjunto ideal dos cinco parâmetros [a_1, a_2, a_3, a_4, a_5], seguido por uma **função de minimização local** para o refinamento de precisão dos valores calibrados.

Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

ANDAMENTO DO PROJETO



Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

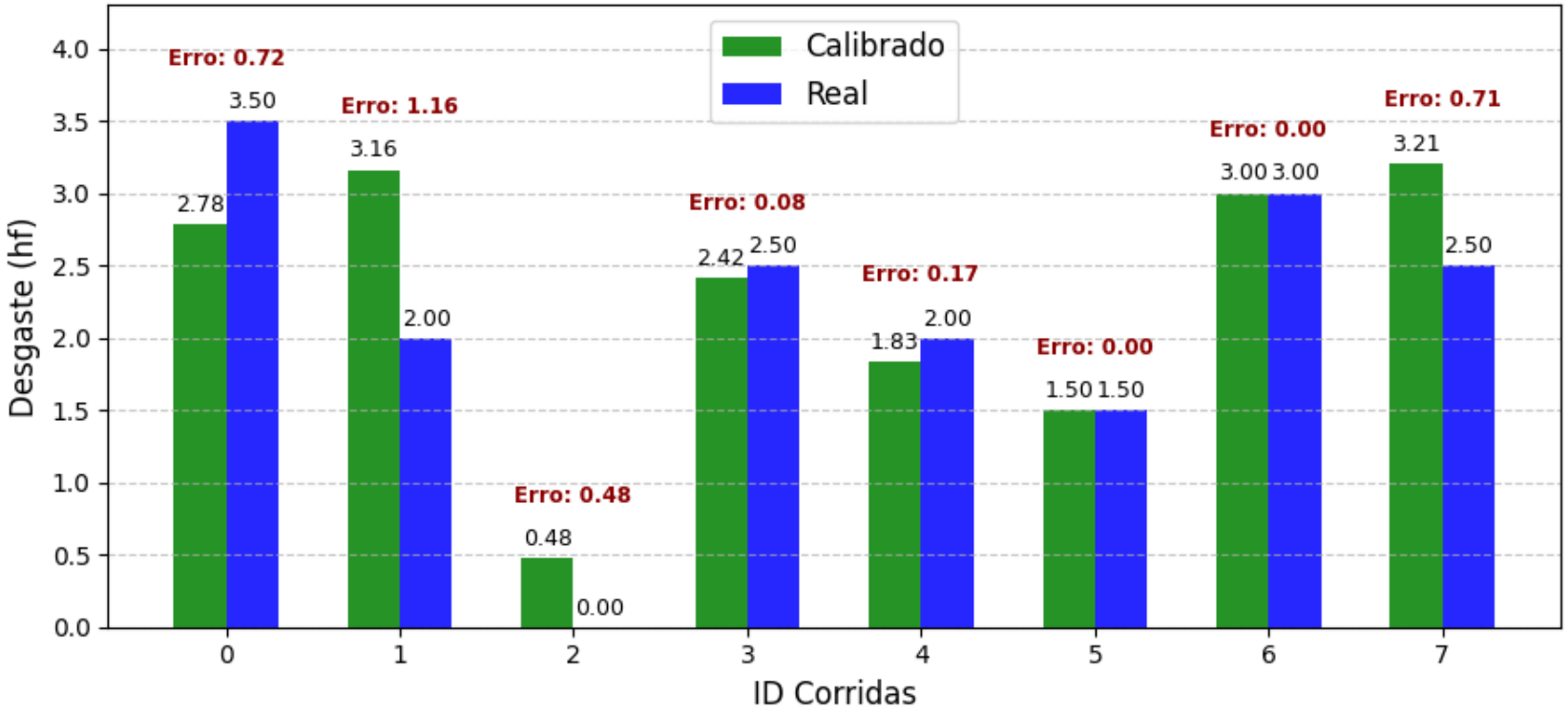


#3

CONCLUSÃO

RESULTADOS

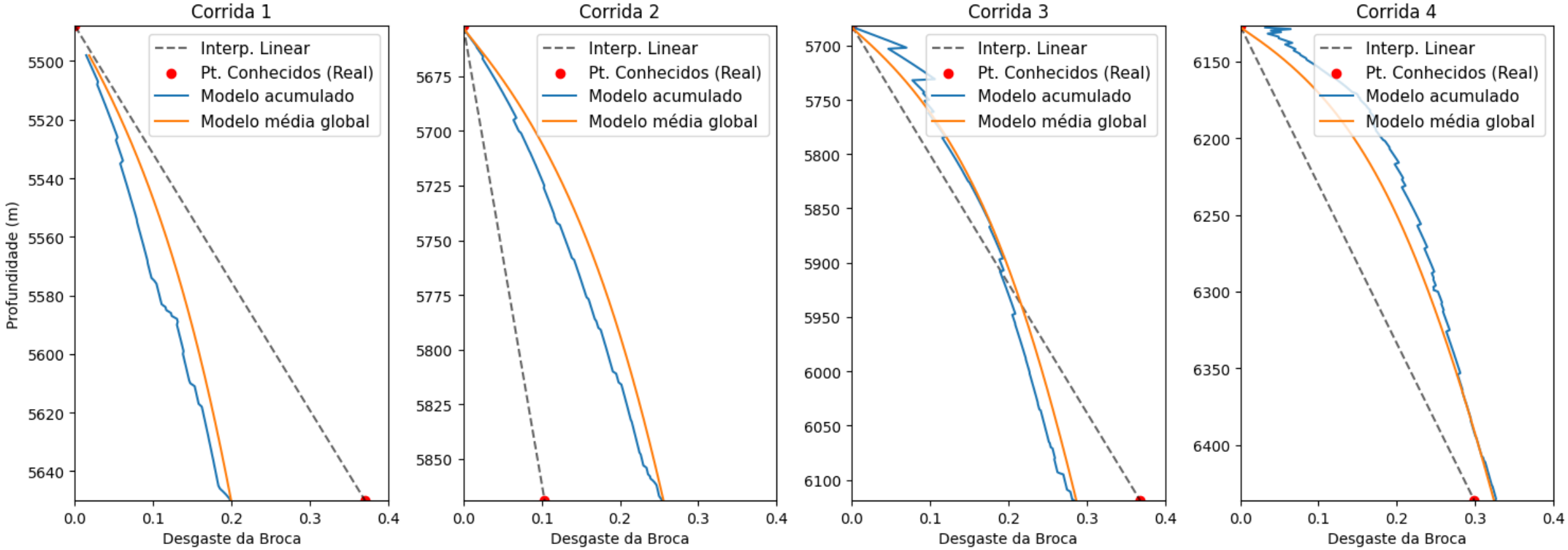
A aplicação do modelo calibrado apresentou uma boa capacidade preditiva em relação aos dados operacionais, atingindo um coeficiente de determinação **(R2) de 0,70**. Além disso, o modelo atinge um erro **médio absoluto (MAE) de 0,42**, que na escala de 0 a 8 do formato IADC, representa um **erro médio percentual de apenas 5,25%.** Esse resultado evidencia uma concordância satisfatória entre o desgaste previsto pelo modelo e as medições reais obtidas em campo.



Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

RESULTADOS

Também foram sobrepostos os perfis obtidos pelas abordagens do modelo acumulado e da média global. Enquanto o **modelo de média global** considera uma **condição média estática** dos parâmetros operacionais para toda a extensão da corrida, **o modelo acumulado recalcula dinamicamente as médias das variáveis** a cada incremento de profundidade.



Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

CRONOGRAMA

O andamento do trabalho tem acompanhado o planejamento estabelecido no plano de trabalho e está em fase de validação do modelo desenvolvido.

2025 e 2026												
Etapas	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**
Revisão bibliográfica, coleta e tratamento dos dados.	X	X	X	X	X	X						
Desenvolvimento do modelo e treinamento dos algoritmos.							X	X	X	X	X	X
Validação do modelo com dados reais e análise de comparação.												
Finalização do trabalho escrito e preparação para a apresentação.												

Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

PRÓXIMOS PASSOS

- Revisão Bibliográfica: Mapeamento do uso de Redes Neurais na predição de desgaste
- Desenvolvimento: Construção da arquitetura da Rede Neural
- Testes: Avaliação preliminar e ajuste do modelo
- Validação: Homologação com dados operacionais reais de perfuração

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à **Petrobras** a qual o presente projeto está vinculado através do projeto de PDI ANP nº 22763-7 / Petrobras / Estratégias e ferramentas computacionais para projeto de coluna de perfuração em poços de petróleo. Ademais, agradecemos ao **Programa de Recursos Humanos - PRH/56** pelo apoio técnico e financeiro ao pesquisador para o desenvolvimento desta pesquisa acadêmica.









Ana Clara da Silva Lima - Graduação
PRH 56/ UFAL

prh anp

56/UFAL

Ana Clara da Silva Lima

Fone: (82) 99988-9746

Ana.clara@ctec.ufal.br

Linkedin


prh anp


anp
Gestão:
FAPESP