

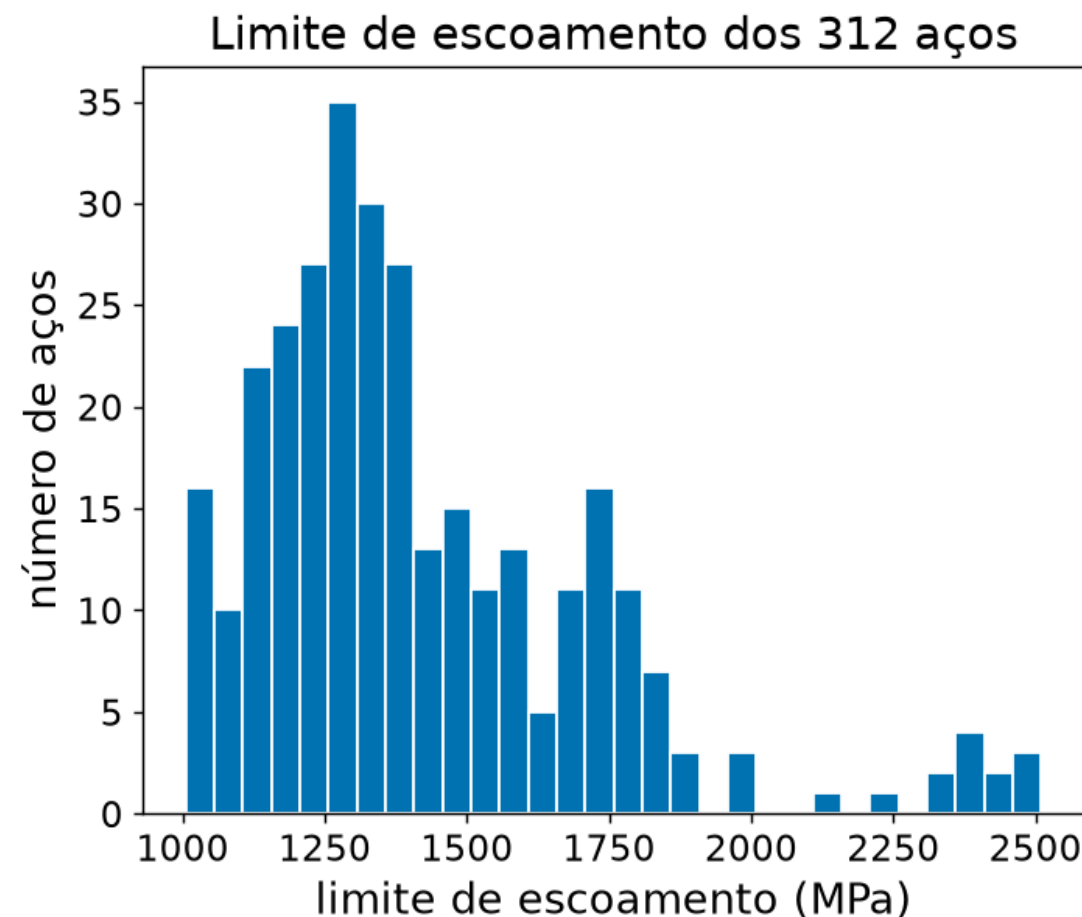
Tópicos Avançados em IA

Prof. James Moraes de Almeida



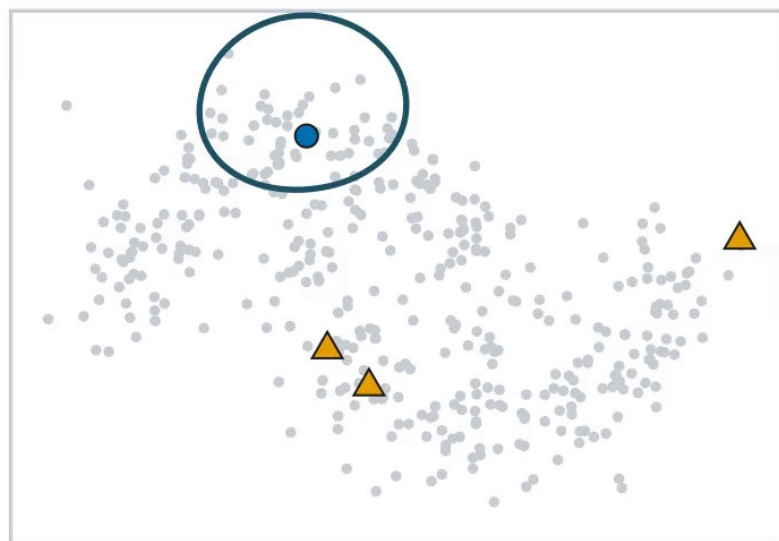
- Séries temporais:
 - 01/10/2026: O que são e decomposição.
 - 08/10/2026: Previsão.
 - 22/10/2026: Métodos de aprendizado de máquina.
- Aprendizado ativo e otimização bayesiana:
 - 29/10/2026: Aprendizado ativo.
 - 05/11/2026: Processos gaussianos e otimização bayesiana.
 - 12/11/2026: Aplicações e projeto.
- 19/11/2026: Prova.

- O enigma
 - 312 aços com composição conhecida: 13 elementos, em % de massa.
 - Medir o limite de escoamento de cada um custa uma semana de laboratório.
- Quantos precisamos medir, em média, para achar o mais resistente?
 - Escreva o seu palpite. A resposta sai na Aula 06, por dois caminhos.
 - Hoje: qual ponto rotular para o modelo aprender mais depressa.

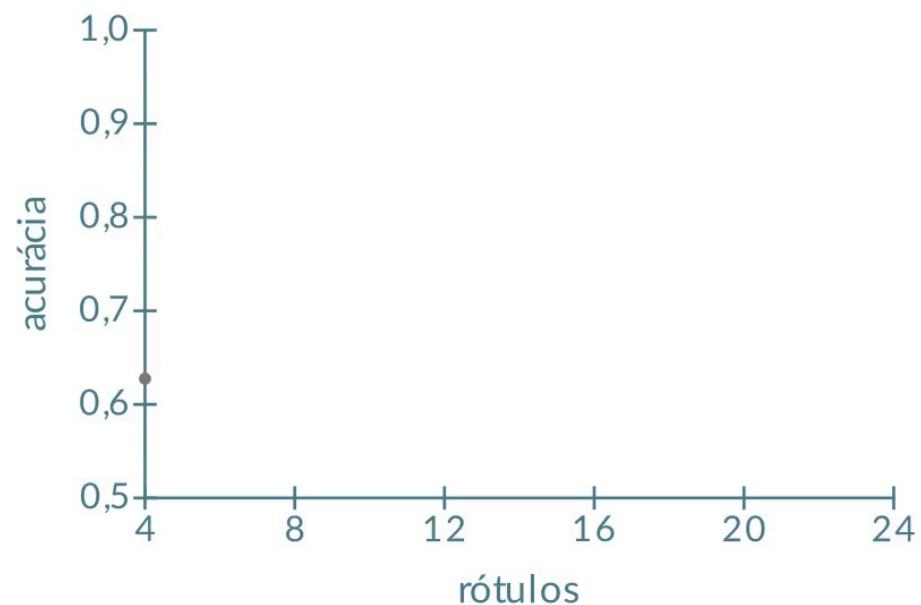


- O laço do aprendizado ativo
 - Poucos rótulos iniciais → treina o modelo (no exemplo, um SVM: máquina de vetores de suporte).
 - Mede a incerteza em cada ponto ainda sem rótulo.
 - O oráculo — laboratório, simulação, anotador — rotula o mais útil.
 - Retreina e repete.
- Tudo depende da função de aquisição: qual ponto vale mais a pena rotular?

Aprendizado ativo: onde gastar cada rótulo?



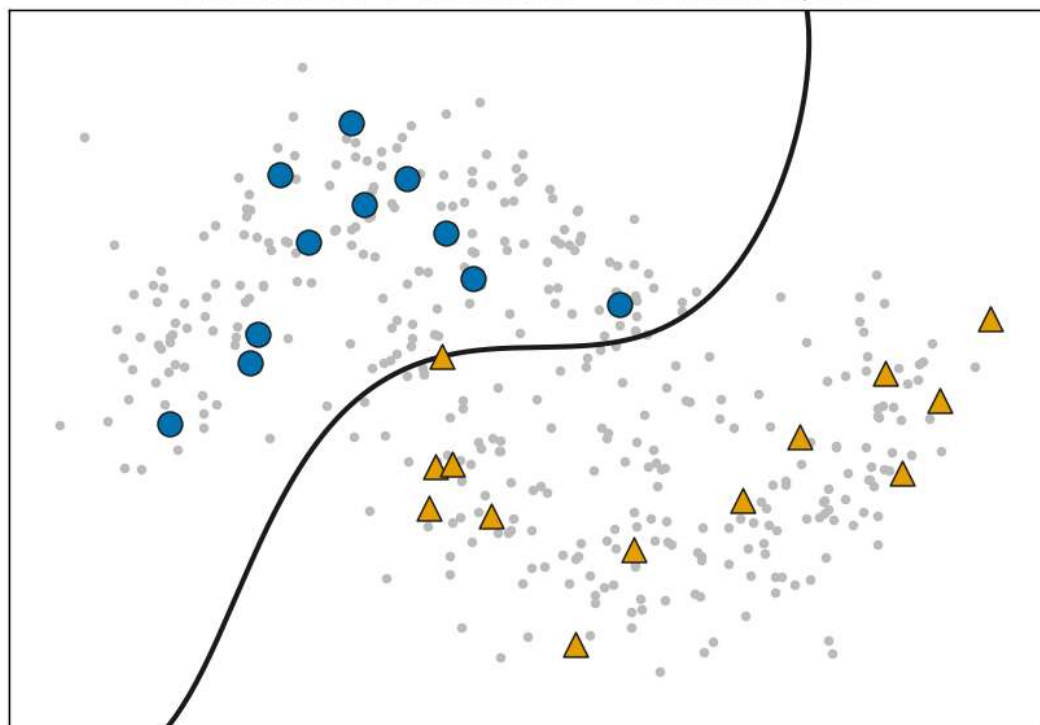
● azul ▲ laranja — fronteira do modelo



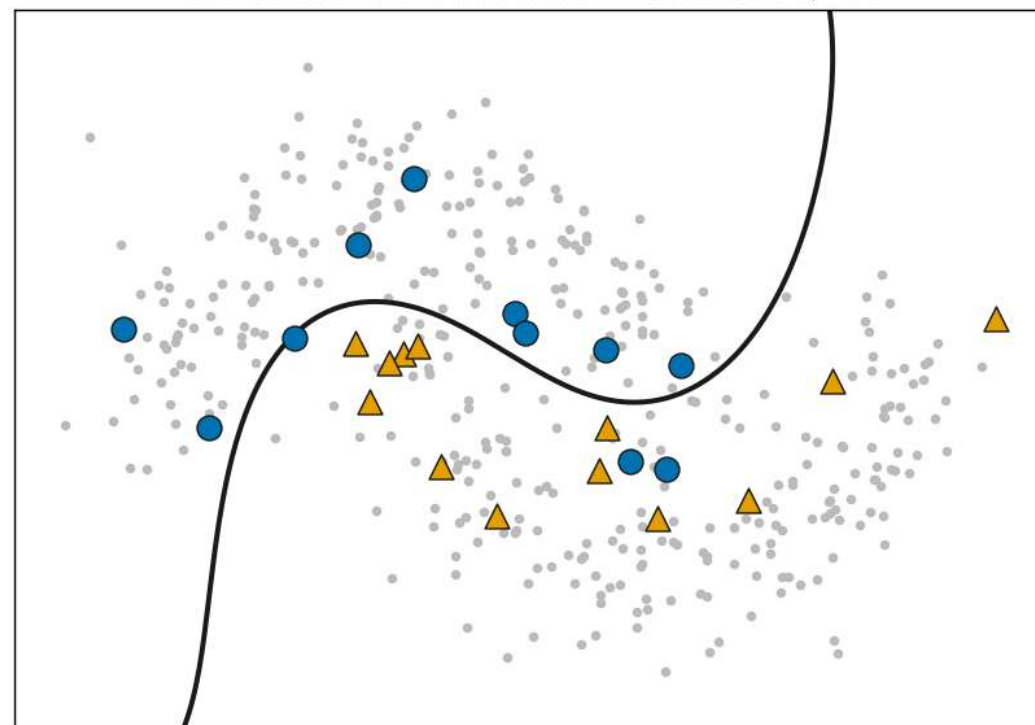
A linha é a fronteira do SVM: de um lado ele diz azul; do outro, laranja.

- Onde caem os rótulos: 4 iniciais + 20 escolhidos
 - Aleatória: espalhados. Incerteza: ao longo da fronteira.

Aleatória: 4 + 20 rótulos — acurácia 0,890

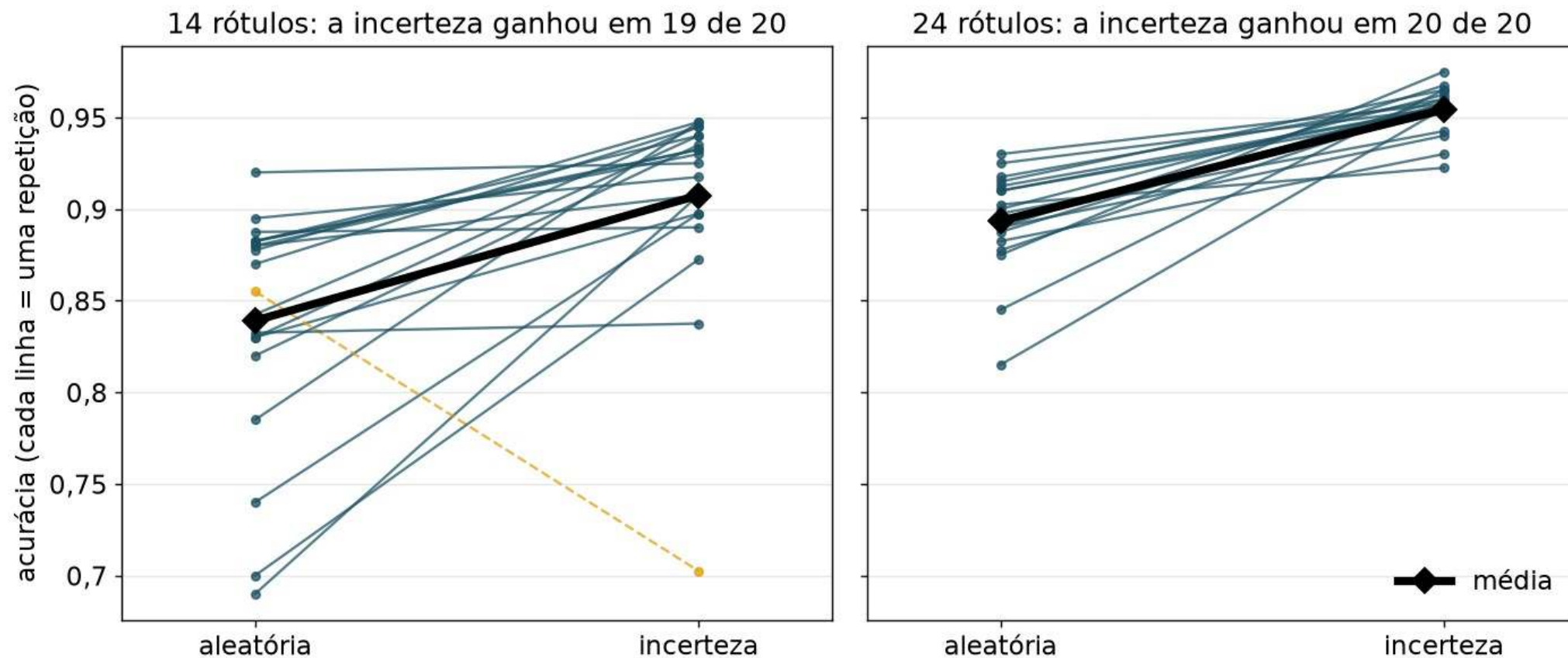


Incerteza: 4 + 20 rótulos — acurácia 0,940



• ainda sem rótulo • rotulado: classe azul ▲ rotulado: classe laranja — fronteira do modelo

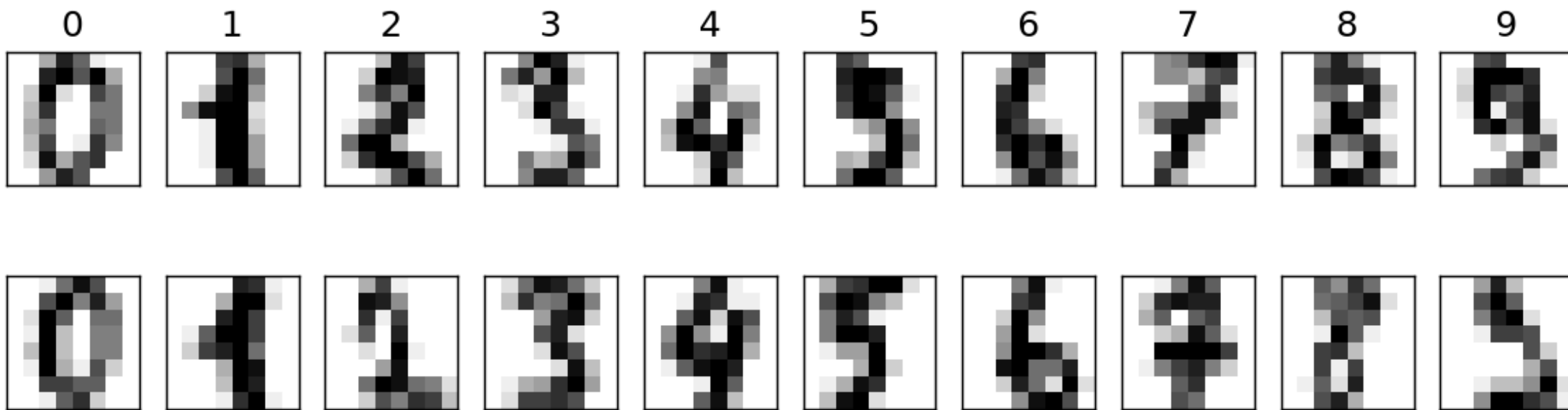
- Foi sorte? Repetindo 20 vezes, com outros sorteios



- A incerteza ganhou em 19 de 20 com 14 rótulos e em 20 de 20 com 24.

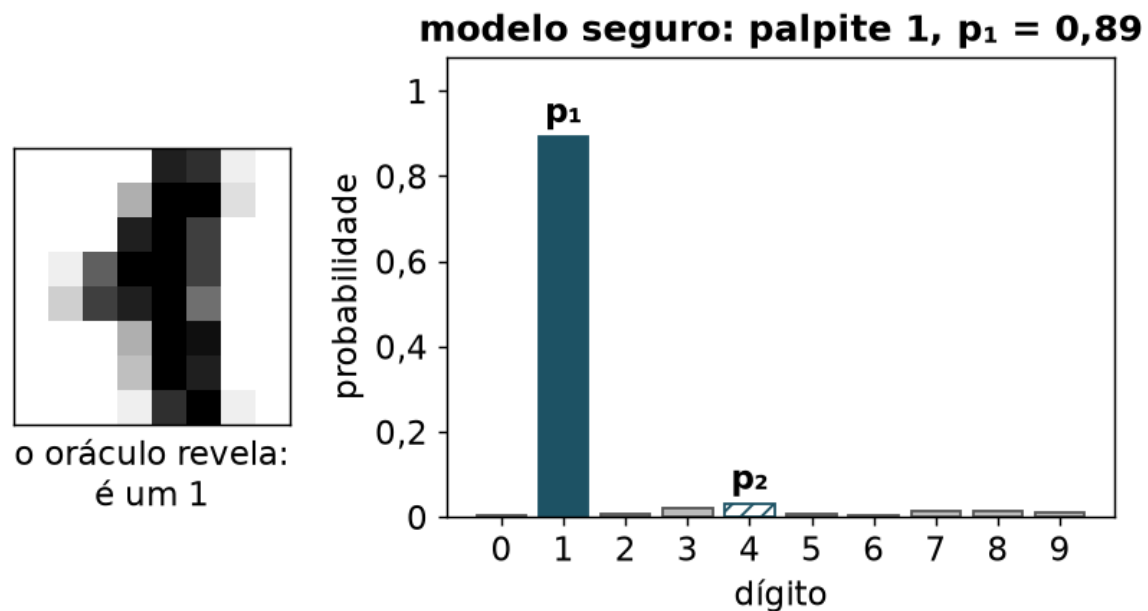
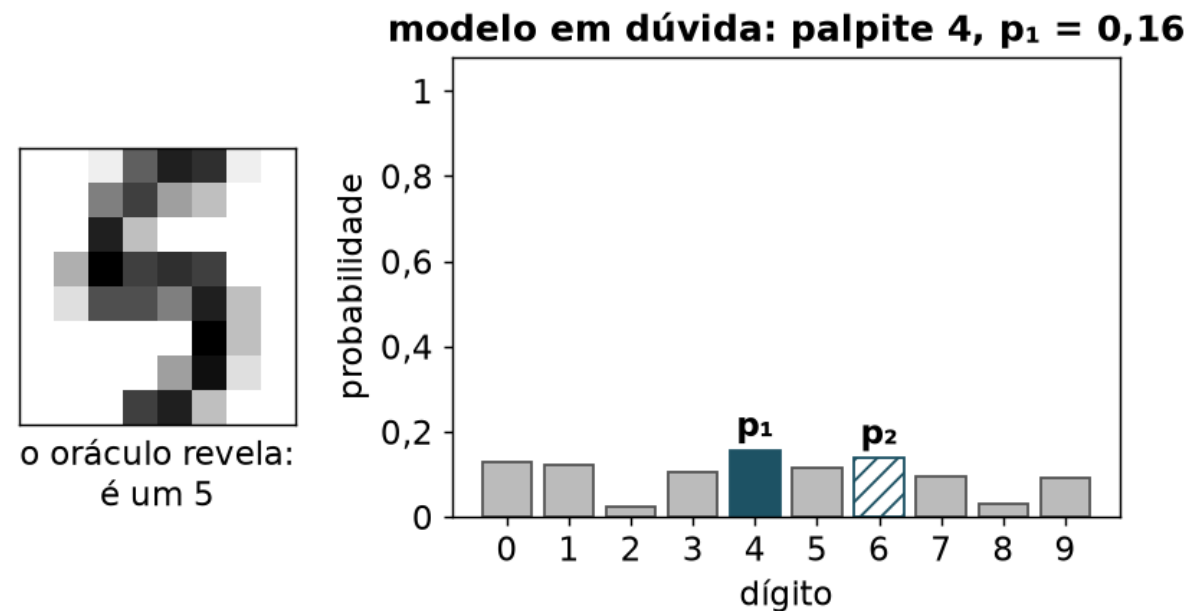
- Agora com 10 classes: qual imagem rotular?

1797 imagens 8×8 — dois exemplos de cada dígito



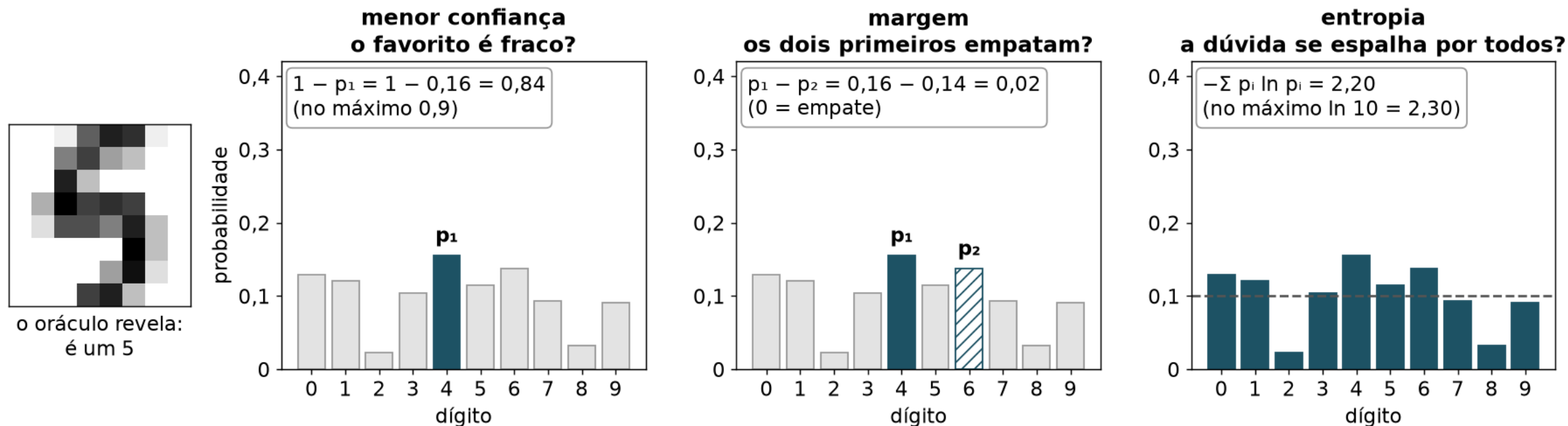
- O modelo: regressão logística — uma probabilidade para cada dígito.

- O que o modelo diz de uma imagem: 10 probabilidades



- p_1 : a maior probabilidade — o palpite do modelo. p_2 : a segunda. A resposta certa, só o oráculo sabe.
- Rotular onde o modelo está seguro ensina pouco; onde está em dúvida, ensina mais.

- Três perguntas para a mesma imagem: quanta dúvida há aqui?

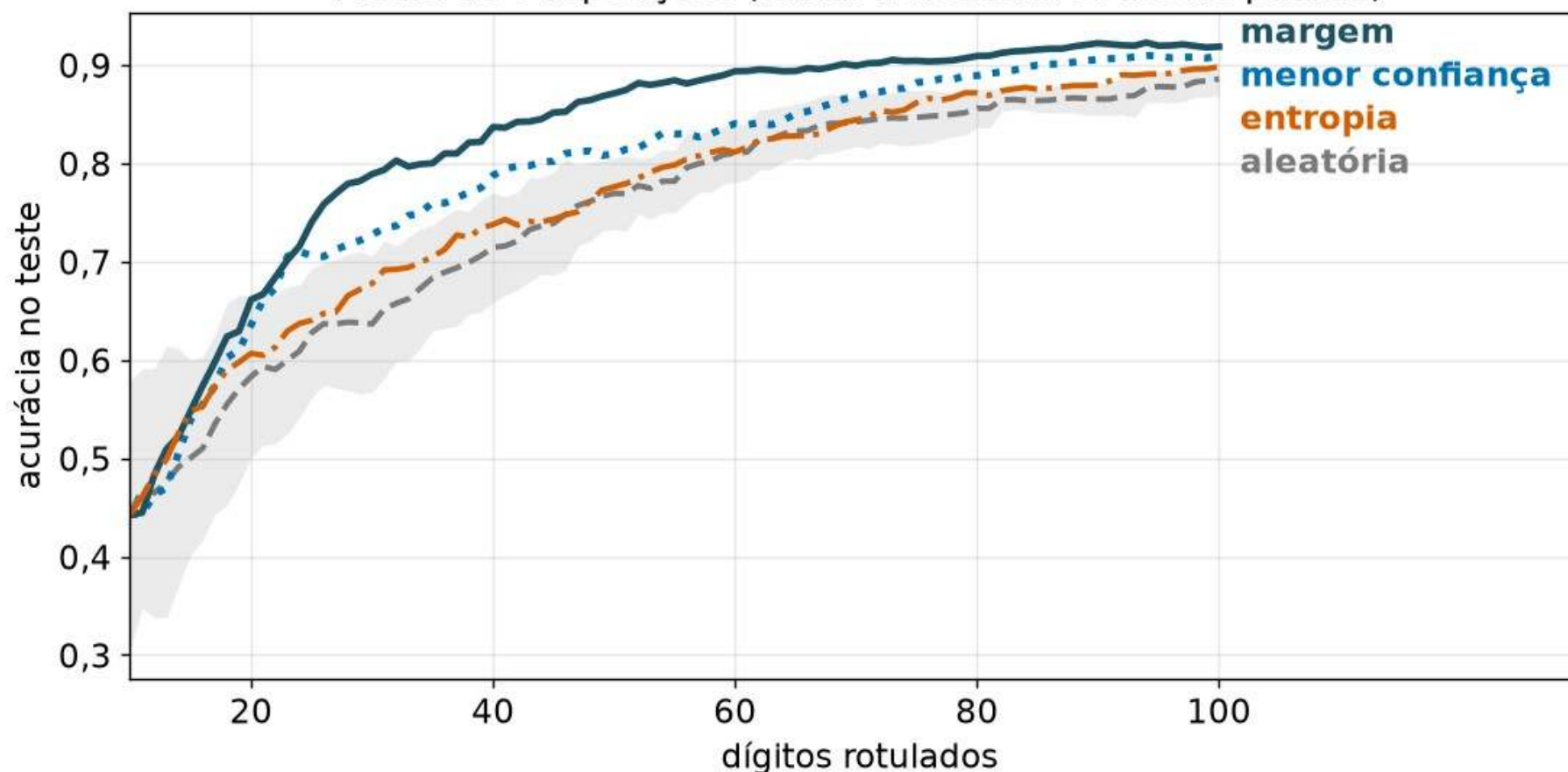


- Cada pergunta olha uma parte das barras: só a maior, as duas maiores, ou todas.
- Entre todas as imagens sem rótulo, cada uma escolhe outra: a menor confiança, esta (um 5); a margem, um 3; a entropia, um 8.

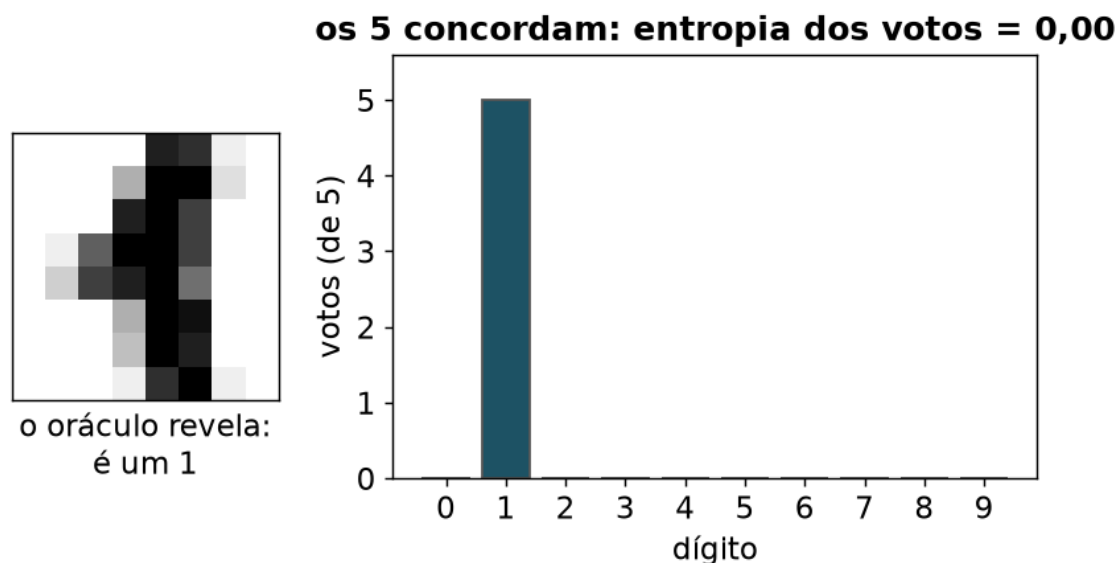
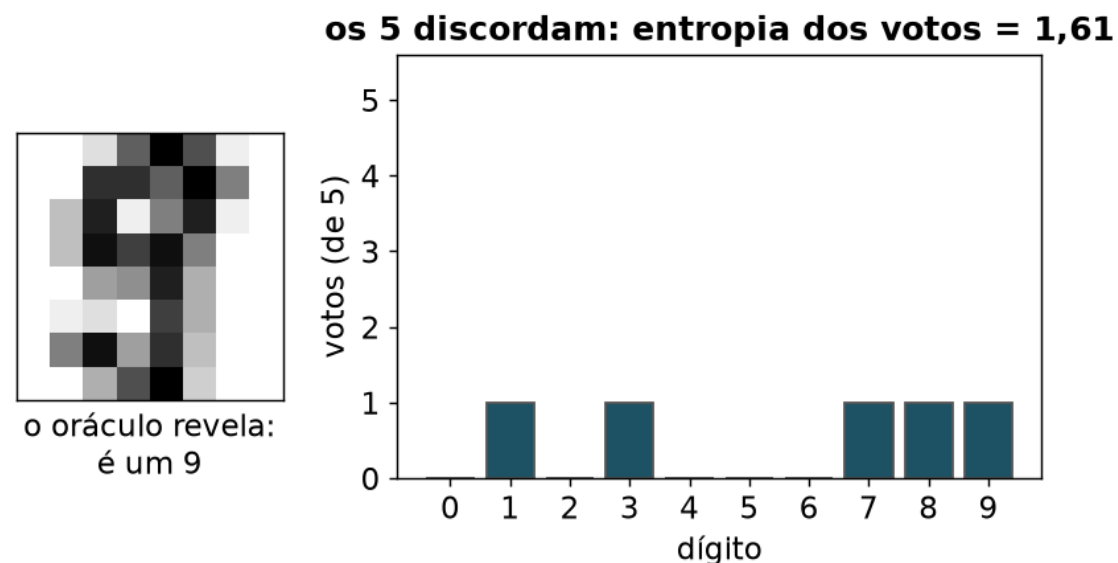
- Dígitos, 8 repetições: acurácia com 20 · 50 · 100 rótulos

- aleatória 0,583 · 0,769 · 0,886 — margem 0,661 · 0,871 · 0,919

Média de 8 repetições (faixa: a aleatória $\pm$ desvio padrão)

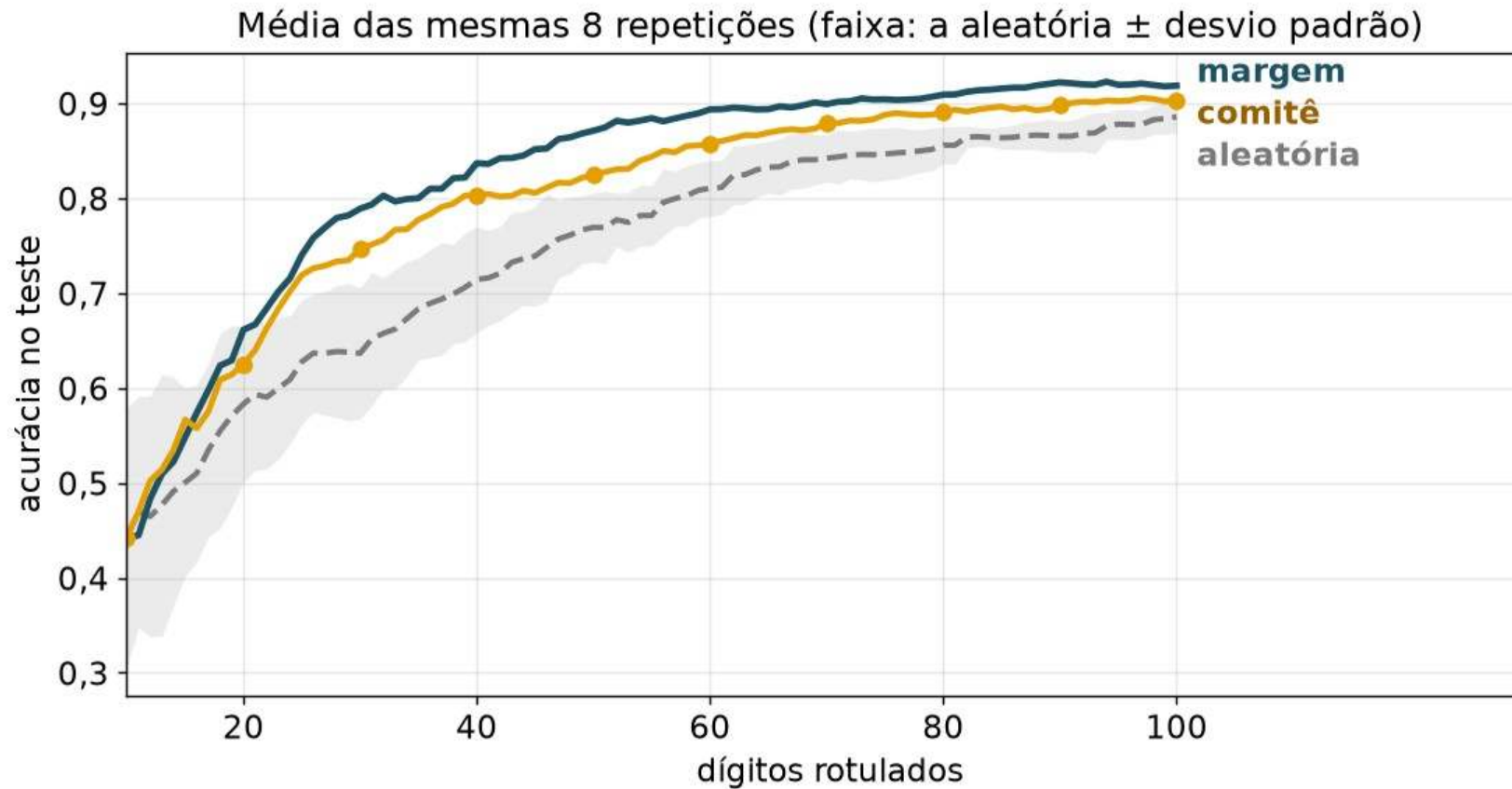


- O comitê: vários modelos votam — onde eles discordam?
 - 5 regressões logísticas, cada uma num sorteio com repetição das 30 imagens: votam diferente.



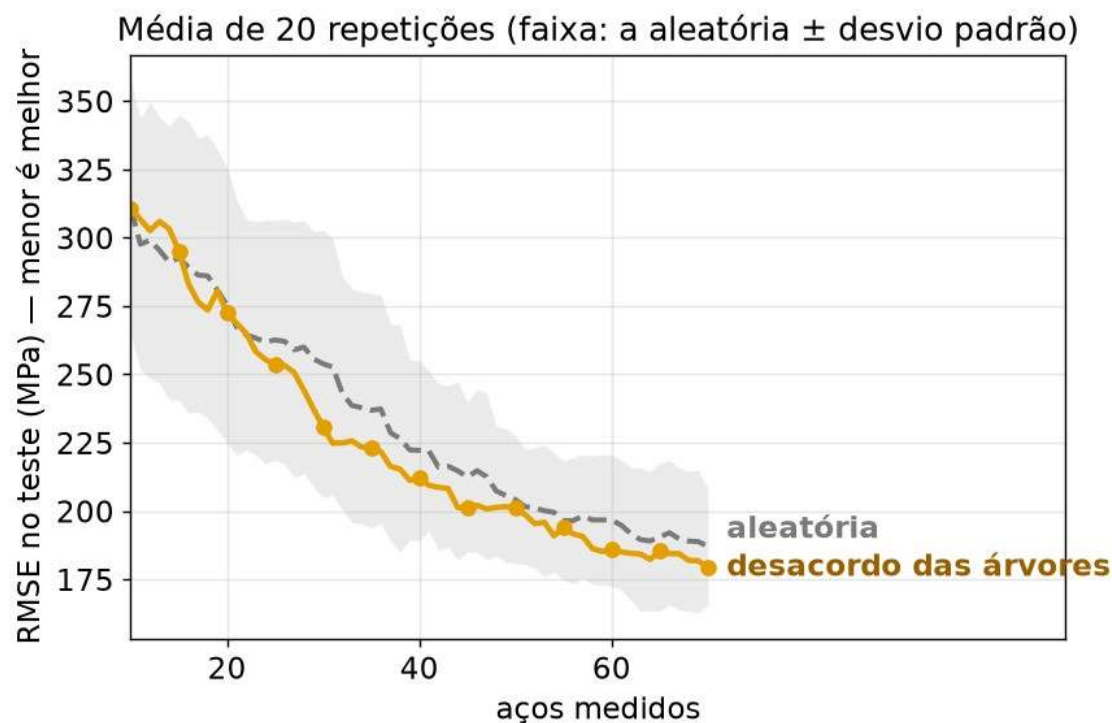
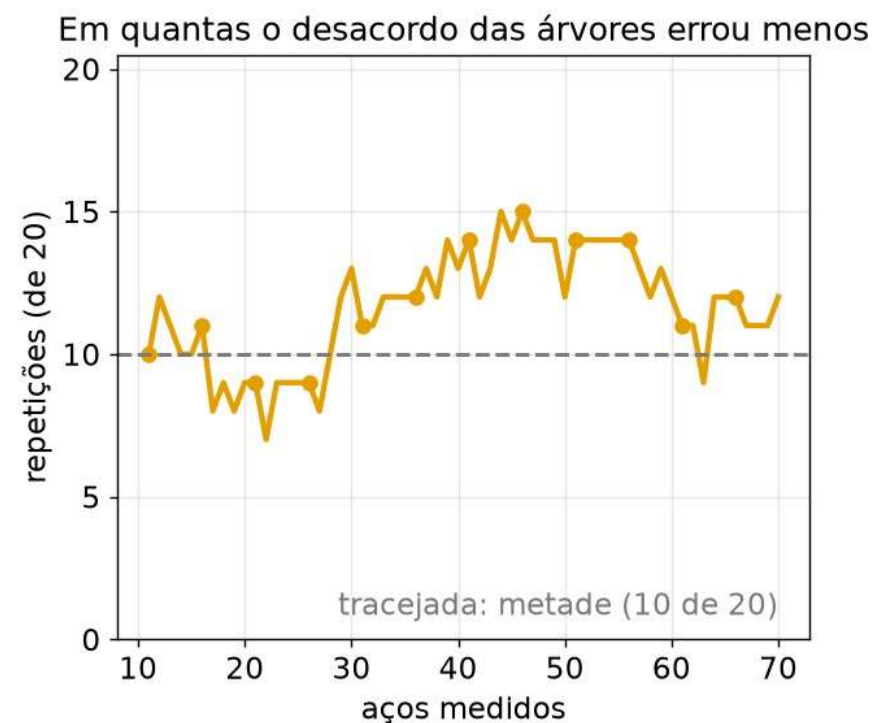
- $V(c)$ = votos no dígito c (a altura da barra). Discordância = entropia dos votos: $-\sum (V(c)/5) \ln (V(c)/5)$.
- Zero se os 5 concordam; no máximo $\ln 5 = 1,61$, se votam em 5 dígitos diferentes.

- Vários modelos votando: o comitê ajuda?



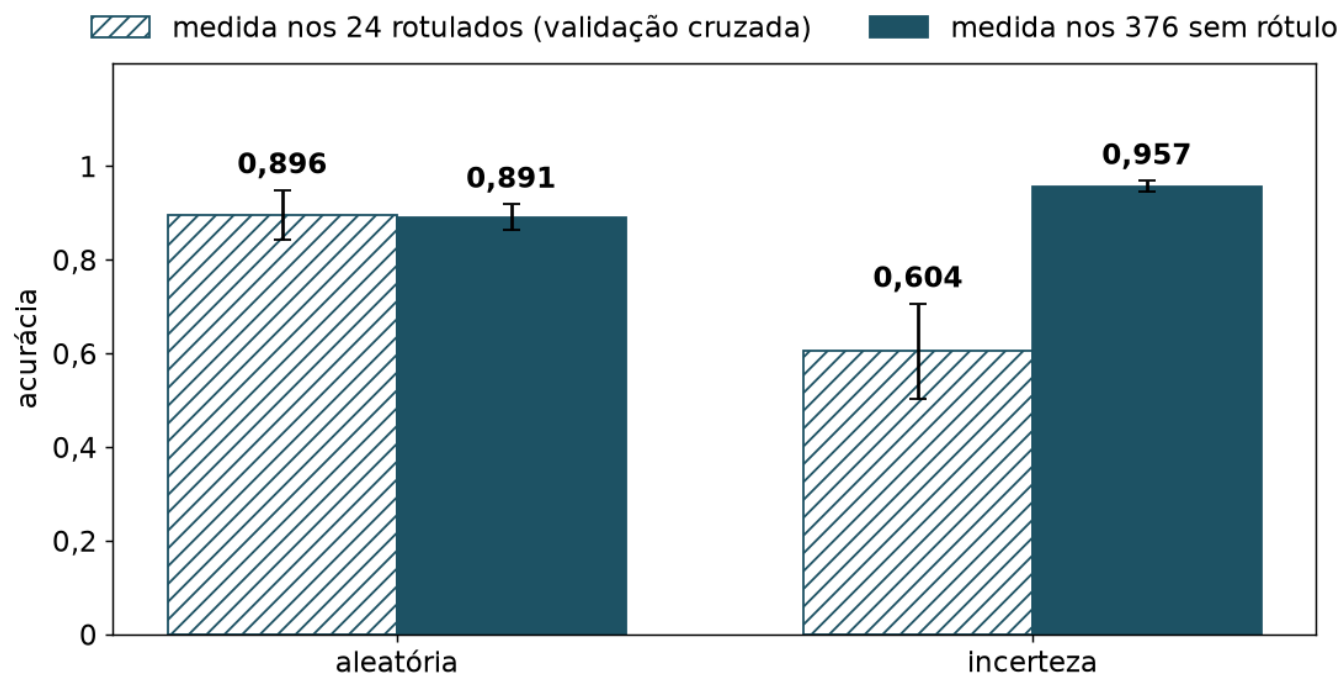
- Ganha da aleatória, mas não da margem: com 50 rótulos, 0,825 contra 0,769 e 0,871.

- Regressão nos aços: escolher ajuda a aprender o modelo?
 - Floresta aleatória: muitas árvores. Medir o aço em que elas mais discordam: o desacordo das árvores.



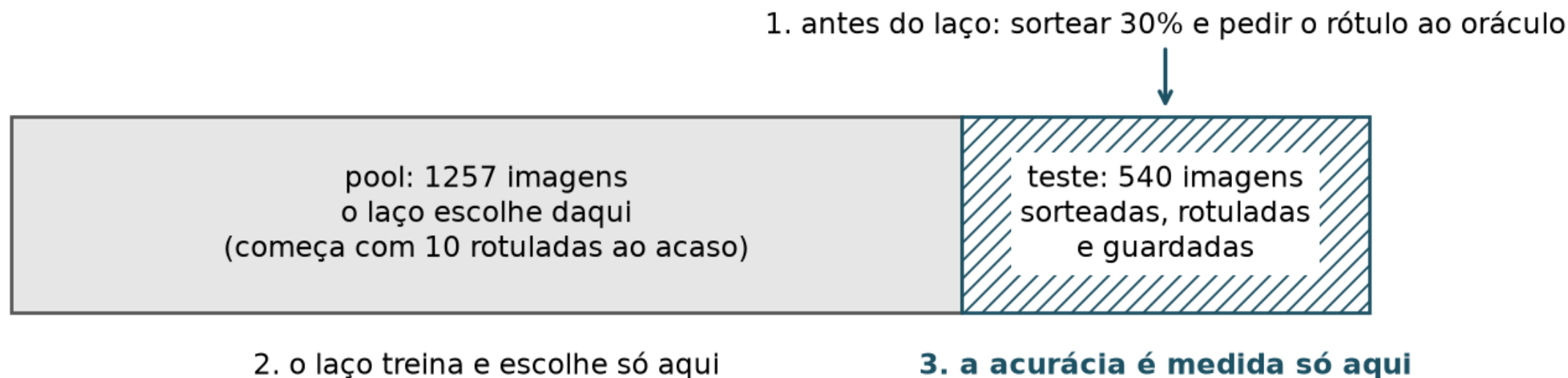
- Pouco: erra menos em 9 a 15 das 20 repetições (de 30 aços em diante). Achar o melhor aço: Aula 06.

- Armadilha 1: medir só nos rótulos que você já tem engana
 - Na prática, só se conhecem os rótulos que o oráculo deu: o natural é medir neles.



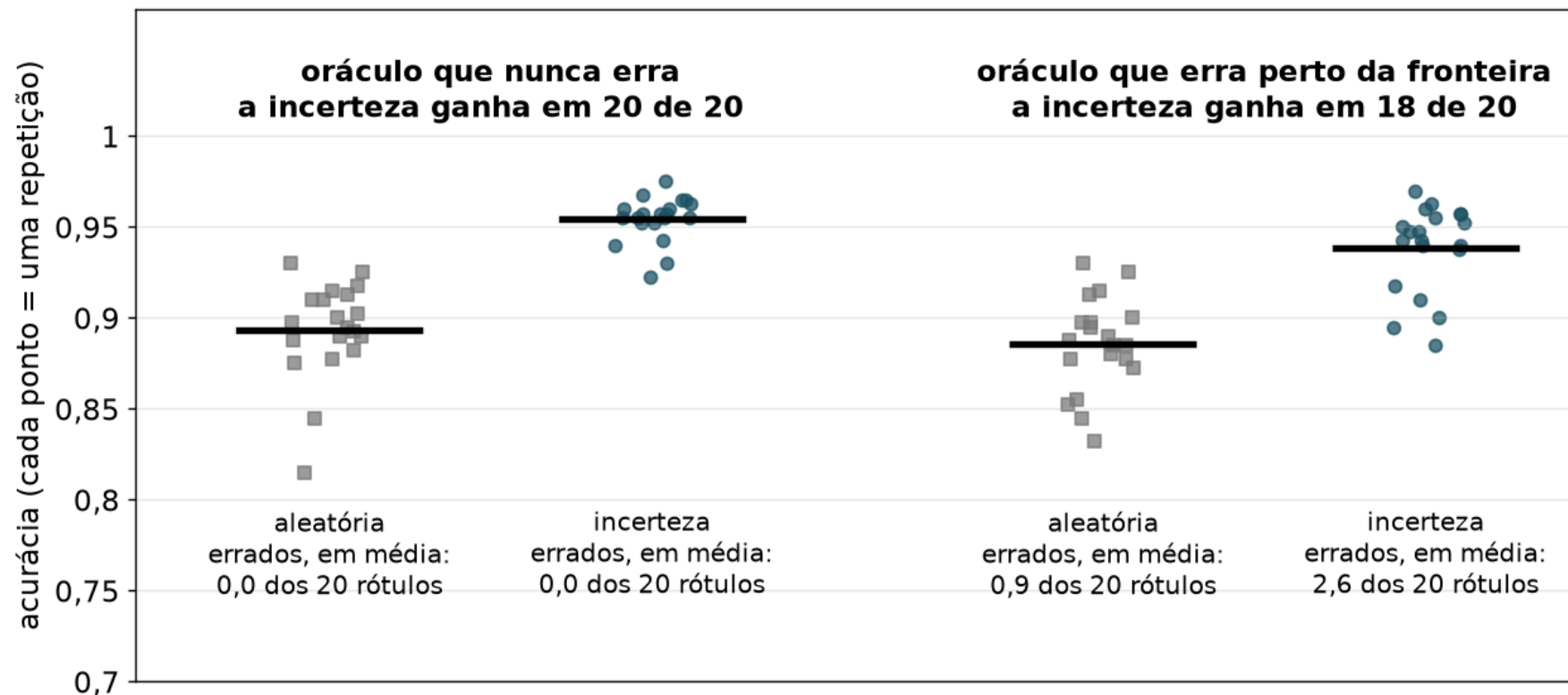
- Com a incerteza, os 24 rótulos são os pontos difíceis: a validação neles diz 0,604; a acurácia de verdade é 0,957.

- Como medir certo: um teste sorteado e guardado antes de começar



- Os rótulos do teste também custam, mas nunca entram no treino nem na escolha.
- Foi assim nos dígitos e nos aços: as curvas (acurácia, RMSE) são medidas no teste.

- Armadilha 2: o oráculo também erra



- Perto da fronteira o oráculo erra mais — e é lá que a incerteza vai buscar: ela passa a ganhar em 18 das 20 repetições, não em 20.

- Atividade AL
 - Um conjunto novo: classificação do scikit-learn ou os aços com outro alvo.
 - Teste sorteado (30%) fora do laço.
 - Três estratégias, uma delas a aleatória, mesmo orçamento.
 - Pelo menos 5 repetições (sementes); curva com média $\pm$ desvio padrão.
 - Quantos rótulos a aleatória precisa para empatar com metade do orçamento da melhor?
 - Um caso em que o ativo não ajuda, e por quê.

- Vamos para o Jupyter!

OBRIGADO

James Moraes de Almeida



ilum.cnpem.br



Centro Nacional de Pesquisa
em Energia e Materiais