

# Aprendizado Ativo

1001513 – Aprendizado de Máquina 2  
Turma A – 2022/2  
Prof. Murilo Naldi



[naldi@ufscar.br](mailto:naldi@ufscar.br)

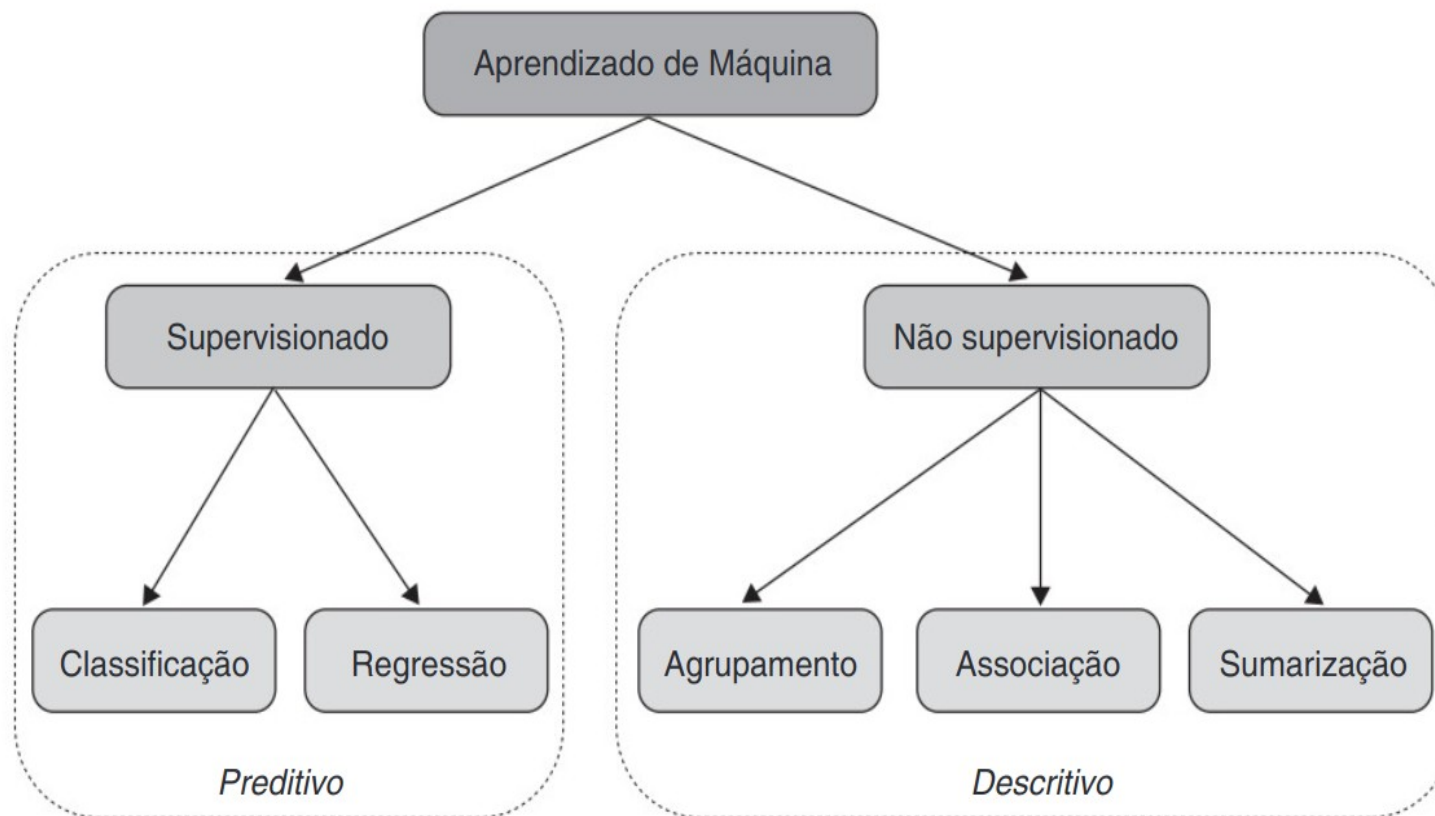


# Agradecimentos

- Pessoas que colaboraram com a produção deste material:  
Diego Silva e Ricardo Cerri
- Intel IA Academy

# Motivação

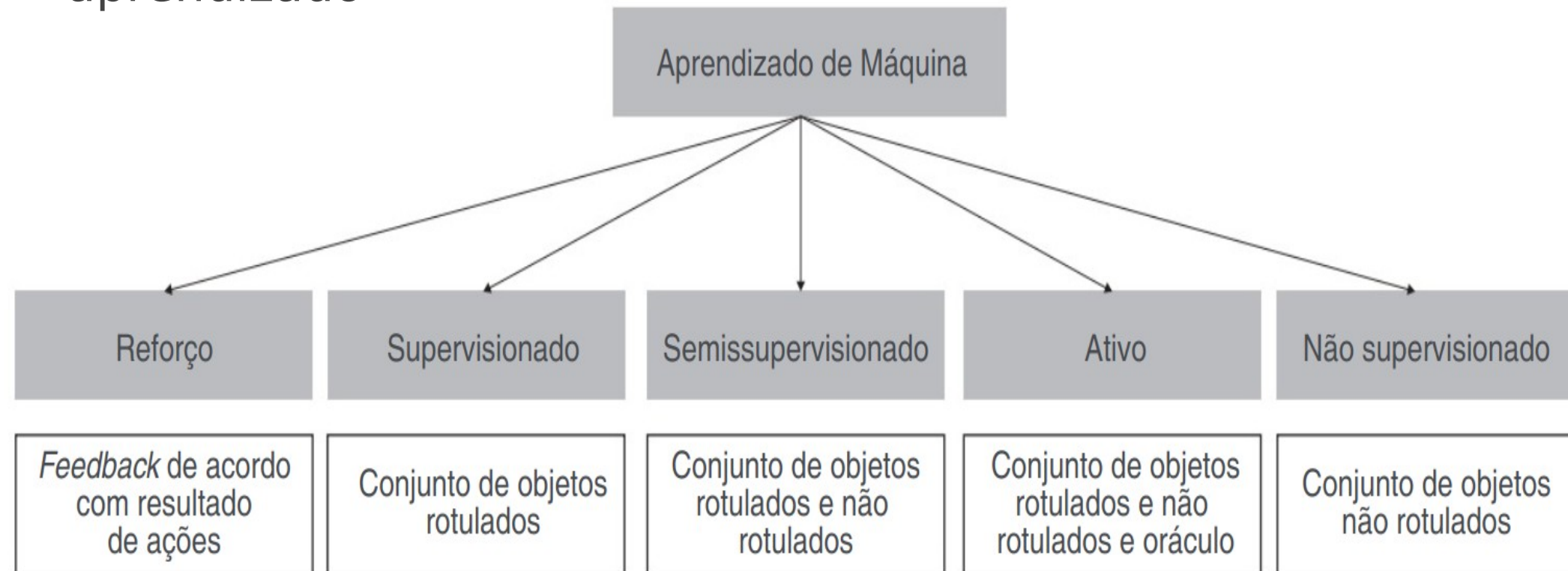
Lembrando que há várias maneiras de categorizar “tipos de aprendizado”



**FIGURA 1.1** Hierarquia clássica de aprendizado.

# Motivação

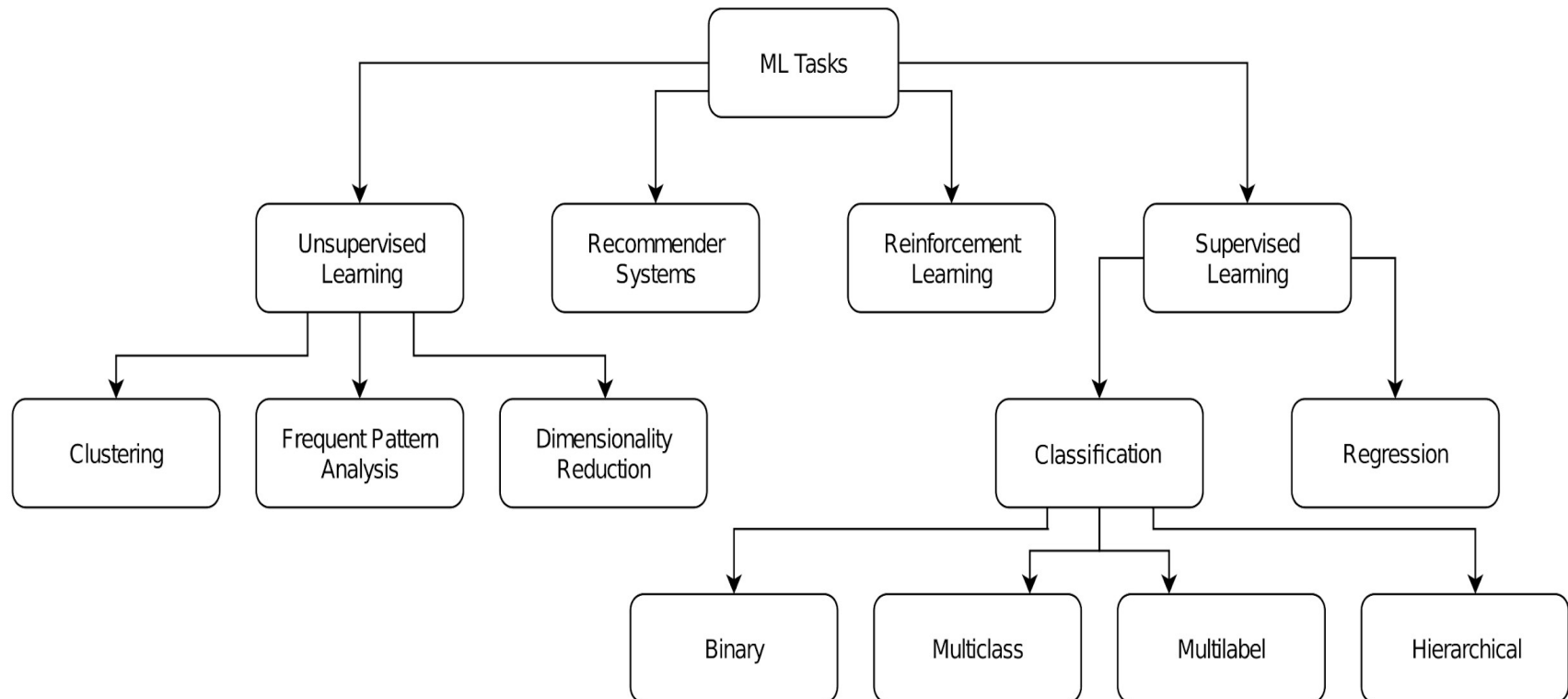
Lembrando que há várias maneiras de categorizar “tipos de aprendizado”



**FIGURA 1.2** Hierarquia de aprendizado estendida.

# Motivação

Lembrando que há várias maneiras de categorizar “tipos de aprendizado”



# Motivação

Porém, faltam aqueles casos em que a rotulação é possível, mas difícil

e.g. aprendizado semi-supervisionado

# Motivação

Porém, faltam aqueles casos em que a rotulação é possível, mas difícil

e.g. aprendizado semi-supervisionado

Porém, há problemas: inconsistências, redundâncias...

Então devemos rotular tudo? Senão, quanto? Quais exemplos?

# Motivação

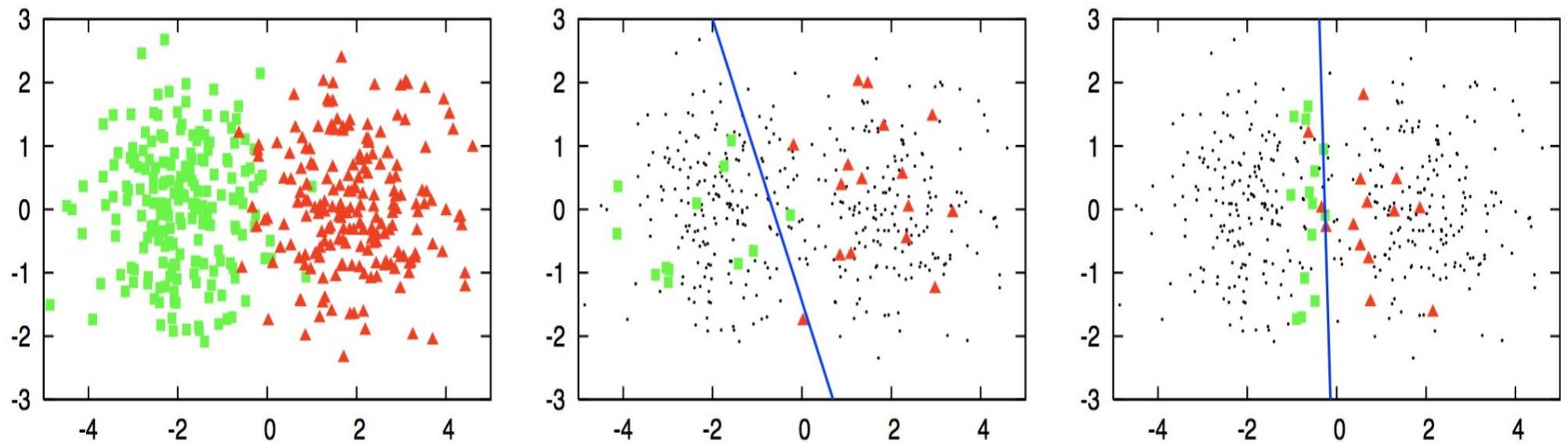




# Aprendizado Ativo - benefícios (esperados)

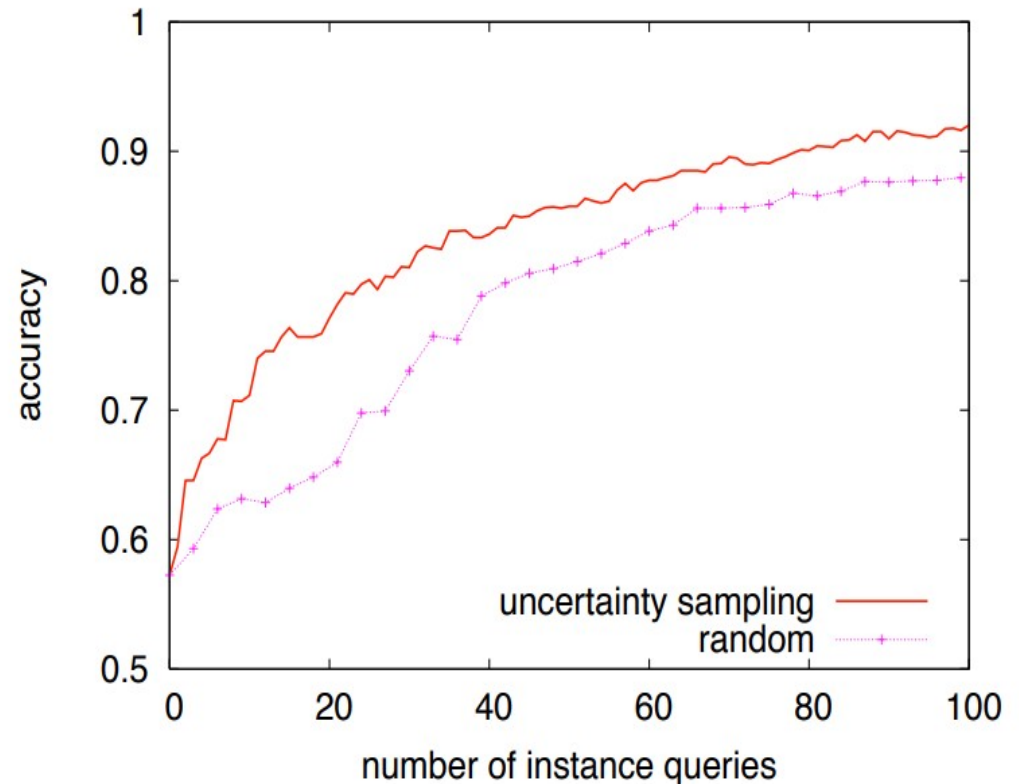
The active learning technique usually starts with a large set of unlabeled data and a small set of labeled data. This labeled set is used to learn a hypothesis, and based on a specific query strategy, the informativeness of the unlabeled points is measured for selecting the least confident ones; unlike the semisupervised technique that selects the most certain points, active learners query the most uncertain ones. The selected points are called query instances, and the learner asks an expert/annotator to label them. The newly labeled points are then added to the labeled data, and the hypothesis is updated based on the newly modified dataset.

# Aprendizado Ativo - benefícios (esperados)



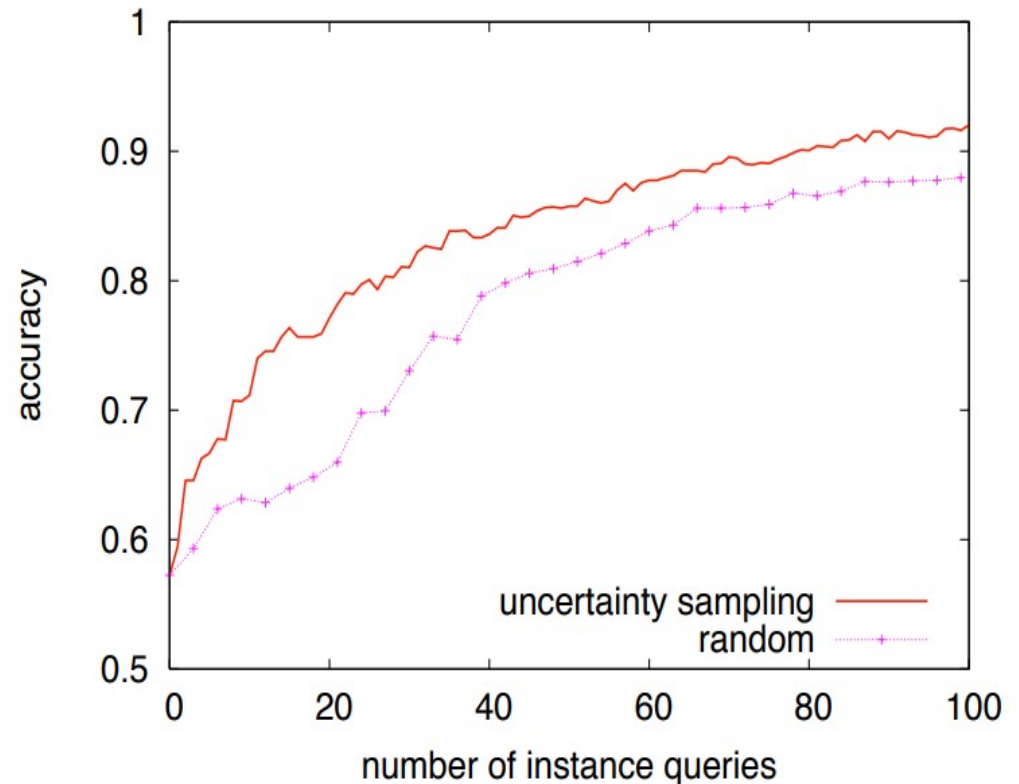
# Aprendizado Ativo - benefícios (esperados)

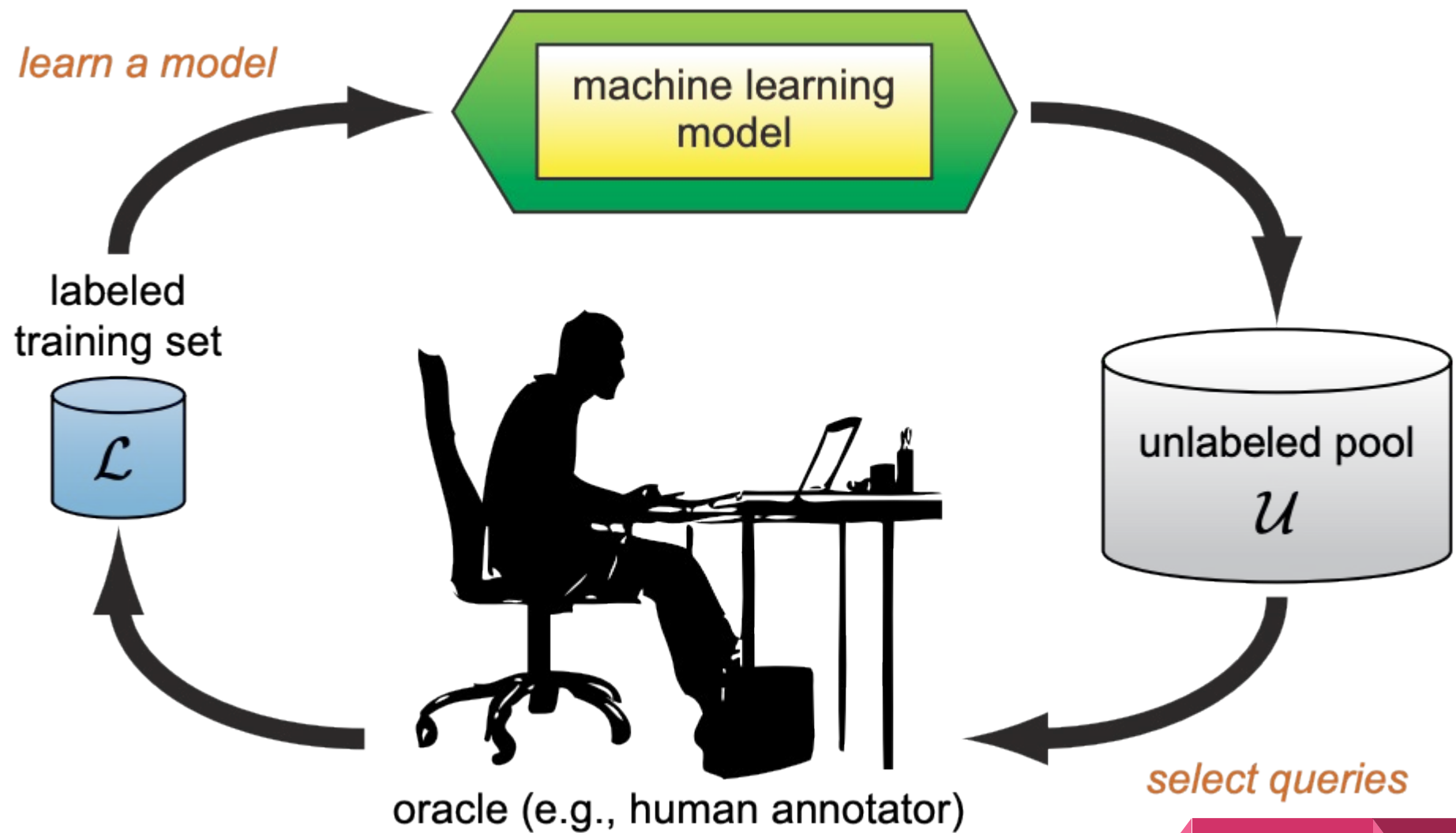
“The key idea behind active learning is that a machine learning algorithm can achieve greater accuracy with fewer training labels if it is allowed to choose the data from which it learns. An active learner may pose queries, usually in the form of unlabeled data instances to be labeled by an oracle (e.g., a human annotator).”



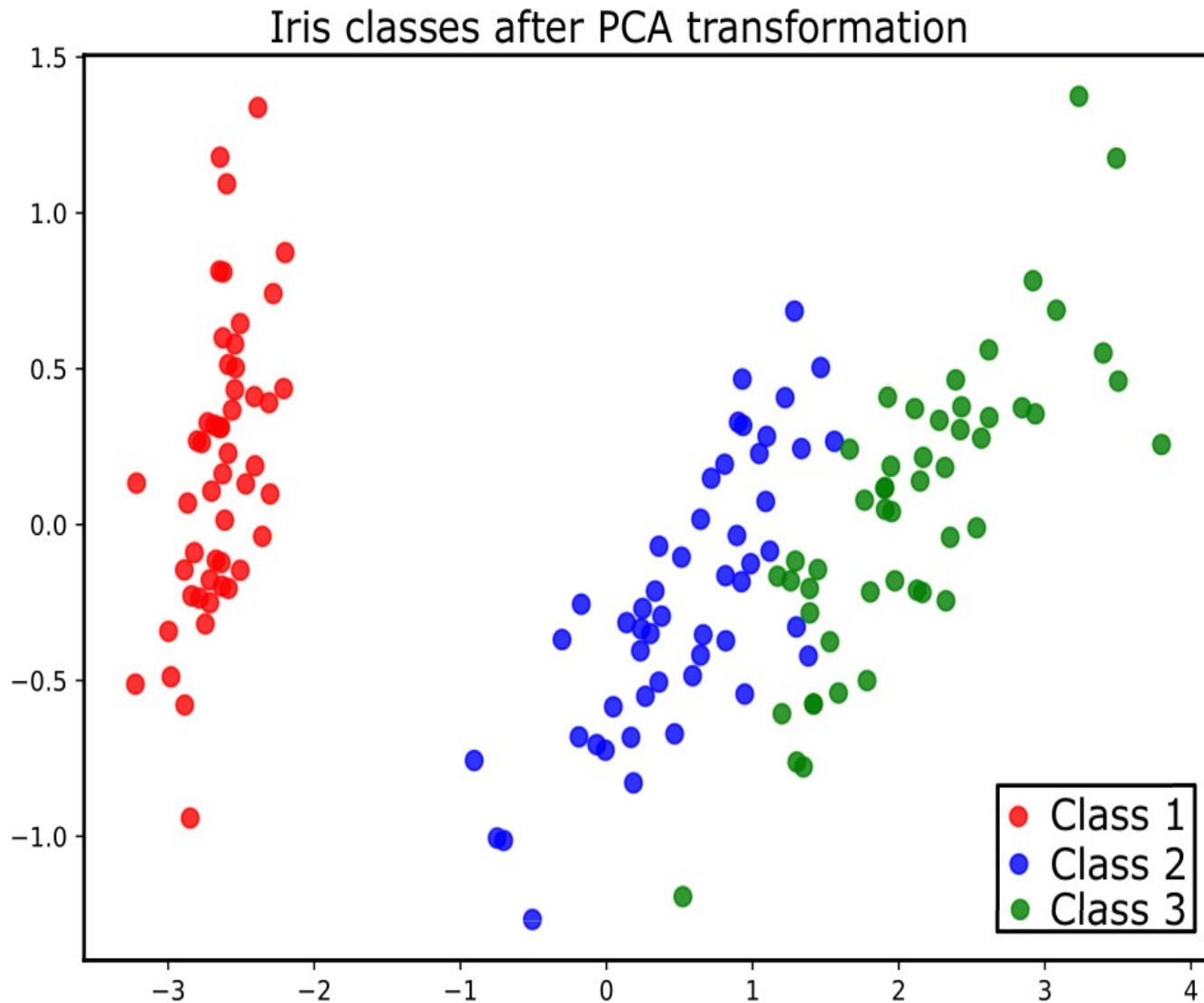
# Aprendizado Ativo - benefícios (esperados)

“For passive learners, the training data is randomly selected; therefore, there is a chance of finding many points at approximately the same position within the space, and there are some other parts that are not yet covered. The AL strategy attempts to solve this problem by trying to cover a large portion of the space by selecting and annotating a few highly informative and representative points that cover a large portion of the space, especially uncertain regions”





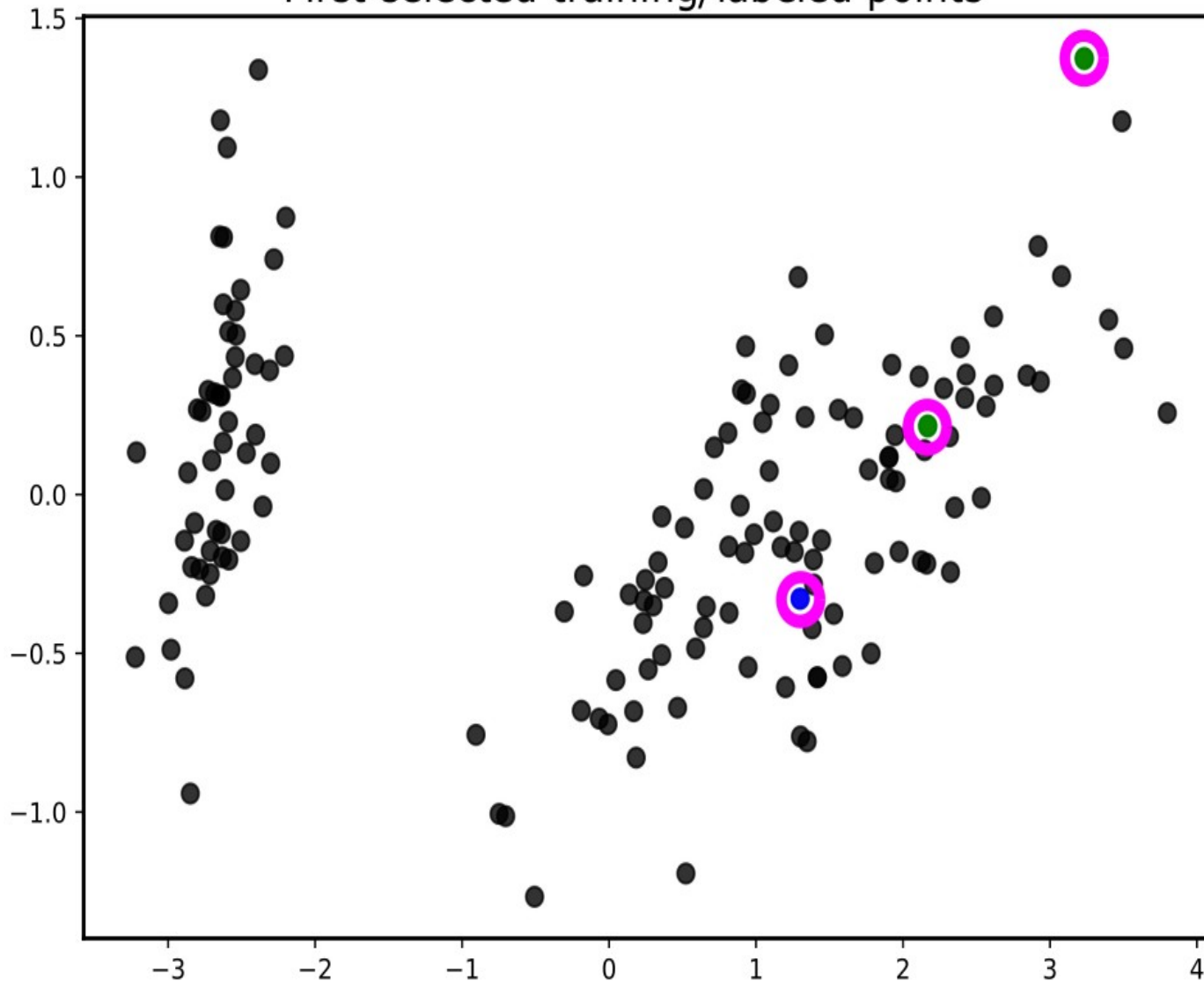
# Exemplo Iris



Fonte: Tharwat, A.;  
Schenck, W. A Survey  
on Active Learning:  
State-of-the-Art,  
Practical Challenges  
and Research  
Directions. Mathematics  
2023, 11, 820.

# Exemplo Iris

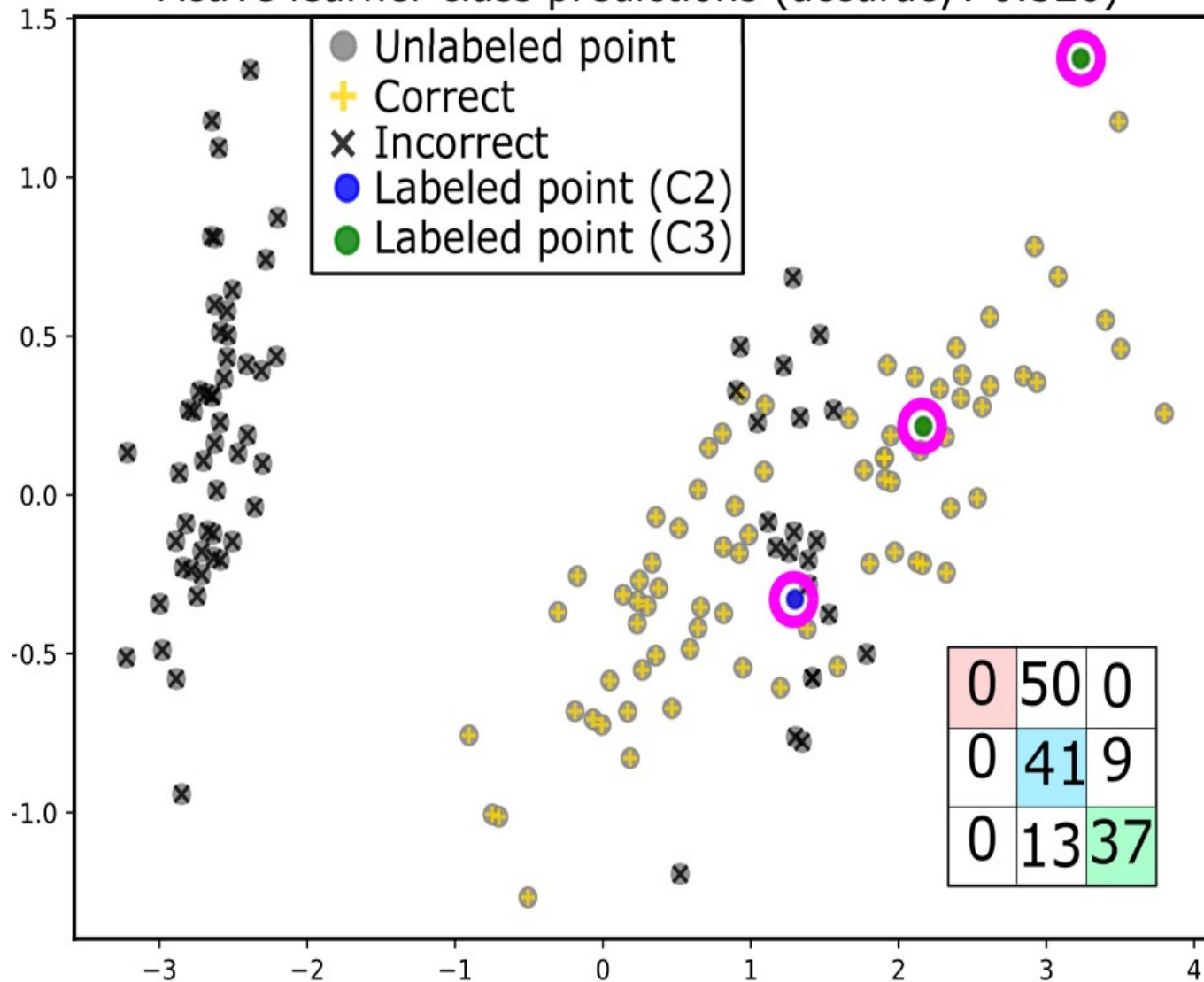
First selected training/labeled points



Fonte: Tharwat, A.;  
Schenck, W. A Survey  
on Active Learning:  
State-of-the-Art,  
Practical Challenges  
and Research  
Directions. Mathematics  
2023, 11, 820.

# Exemplo Iris

Active learner class predictions (accuracy: 0.520)

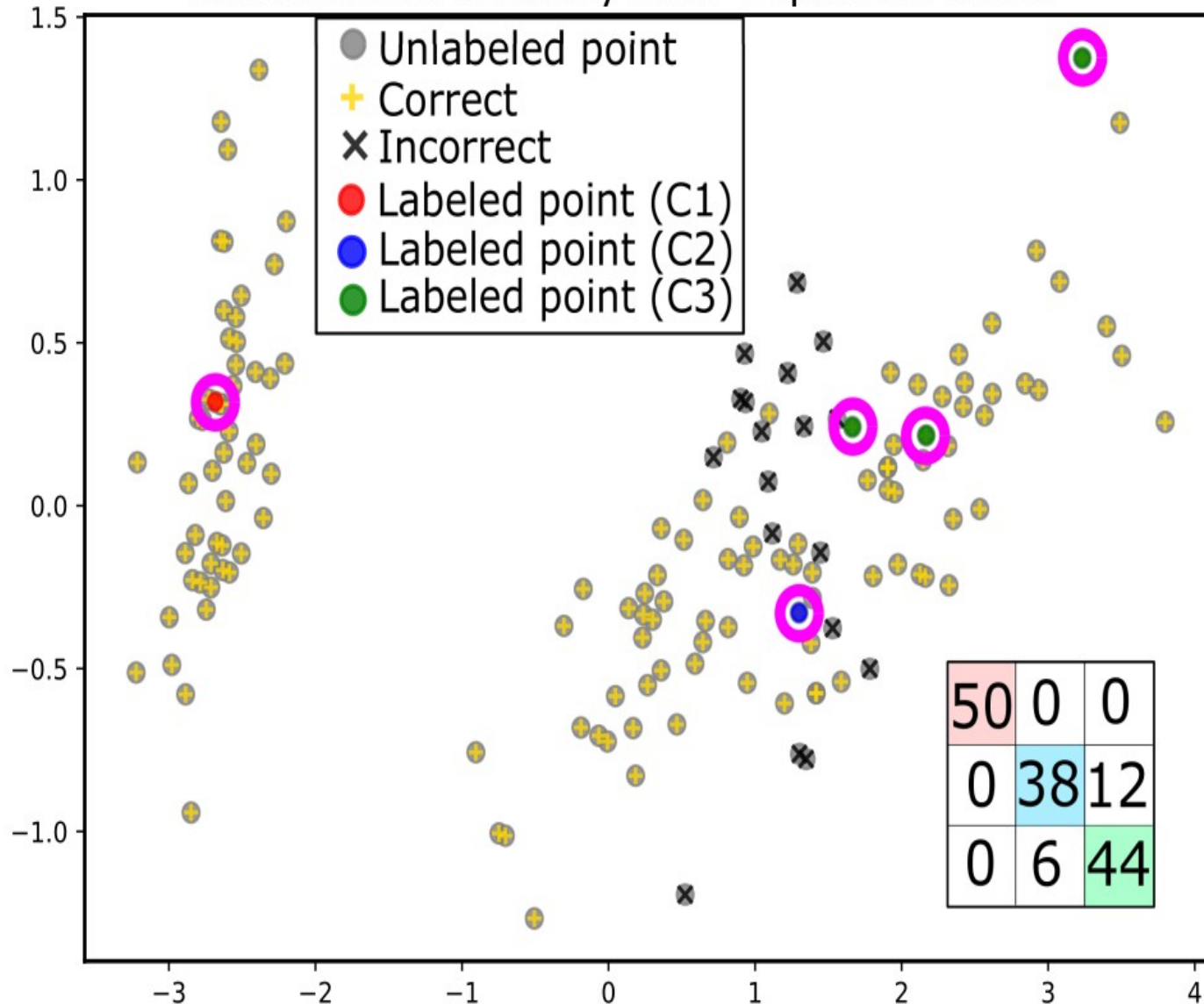


Fonte: Tharwat, A.;  
Schenck, W. A Survey  
on Active Learning:  
State-of-the-Art,  
Practical Challenges  
and Research  
Directions. Mathematics  
2023, 11, 820.



# Exemplo Iris

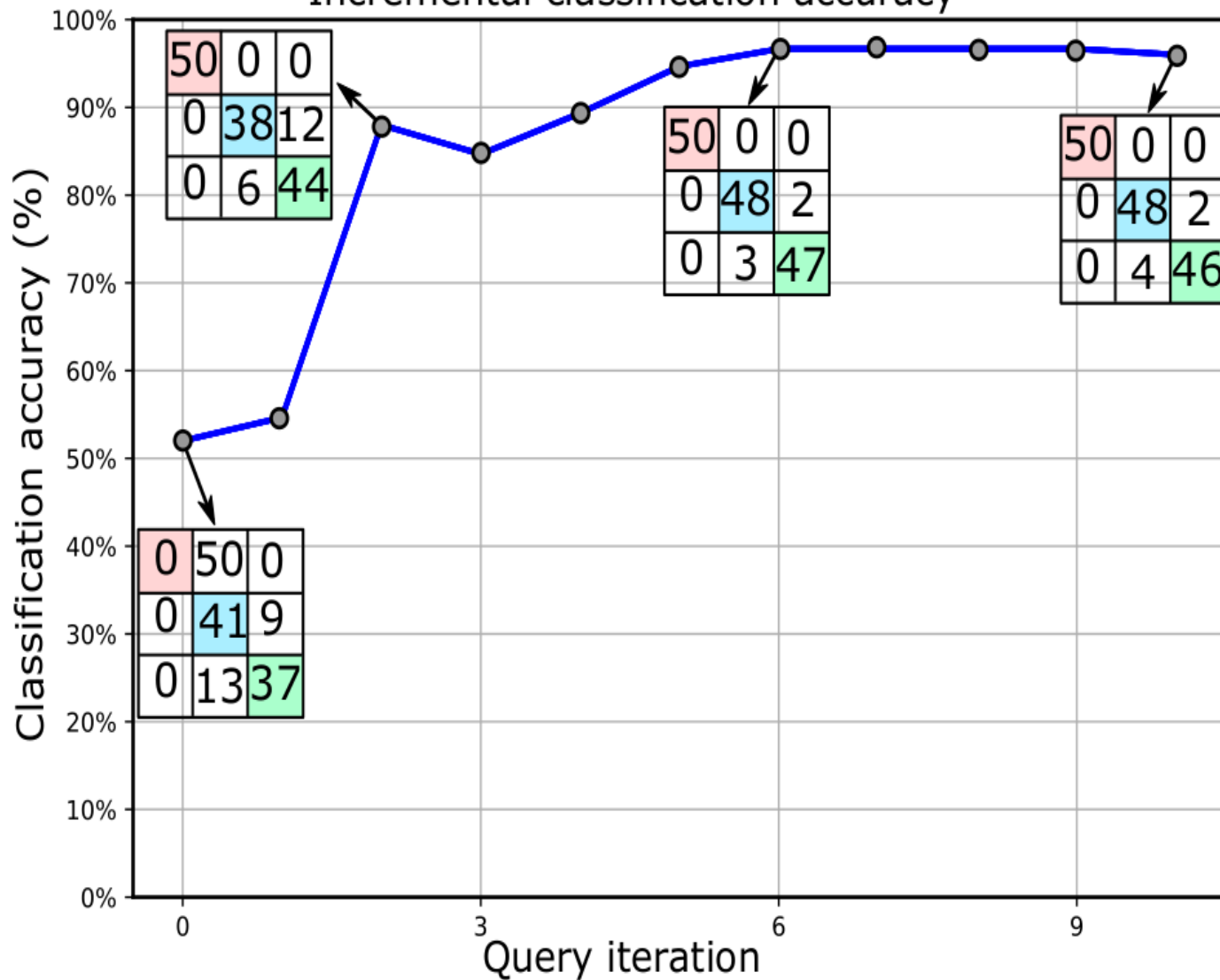
Classification accuracy after 2 queries: 0.880



Fonte: Tharwat, A.;  
Schenck, W. A Survey  
on Active Learning:  
State-of-the-Art,  
Practical Challenges  
and Research  
Directions. Mathematics  
2023, 11, 820.

# Exemplo Iris

Incremental classification accuracy



Fonte: Tharwat, A.;  
Schenck, W. A Survey  
on Active Learning:  
State-of-the-Art,  
Practical Challenges  
and Research  
Directions. Mathematics  
2023, 11, 820.

# Visão geral

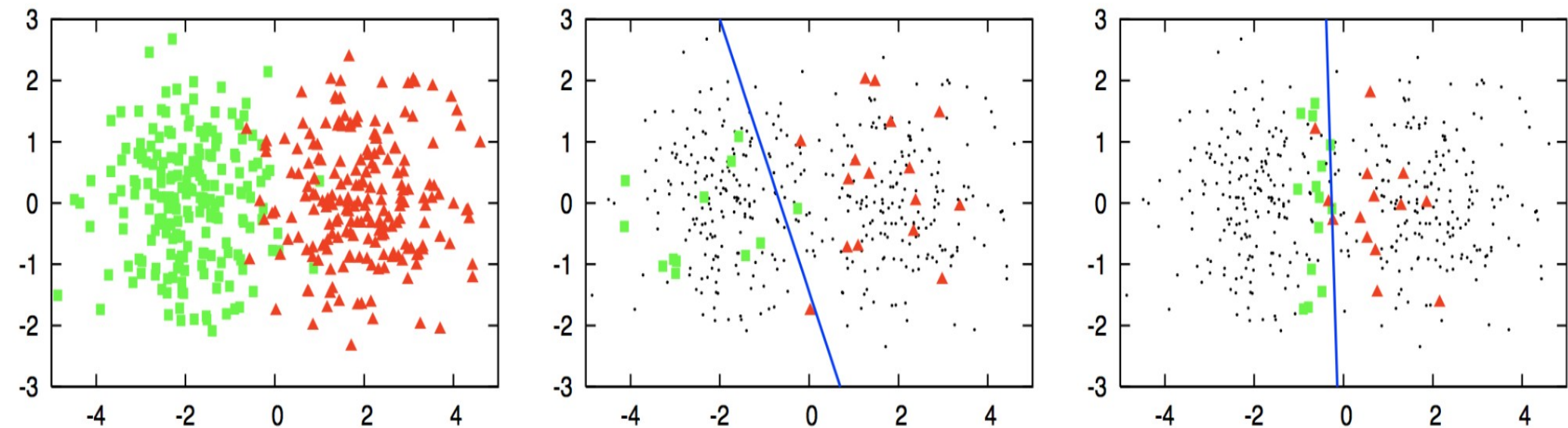
As perguntas que ficam são, principalmente:

- Quais exemplos usar como query?
  - Como estimar um valor para me ajudar nisso?
  - Como escolher os primeiros exemplos (*seed*)?
- Quantos exemplos fornecer ao oráculo?
- Como reduzir os vieses inseridos?
- E quanto ao custo computacional?



# Escolha das queries

A *seed* pode ser aleatória, baseada em agrupamento... e depois?



# Medidas de Incerteza

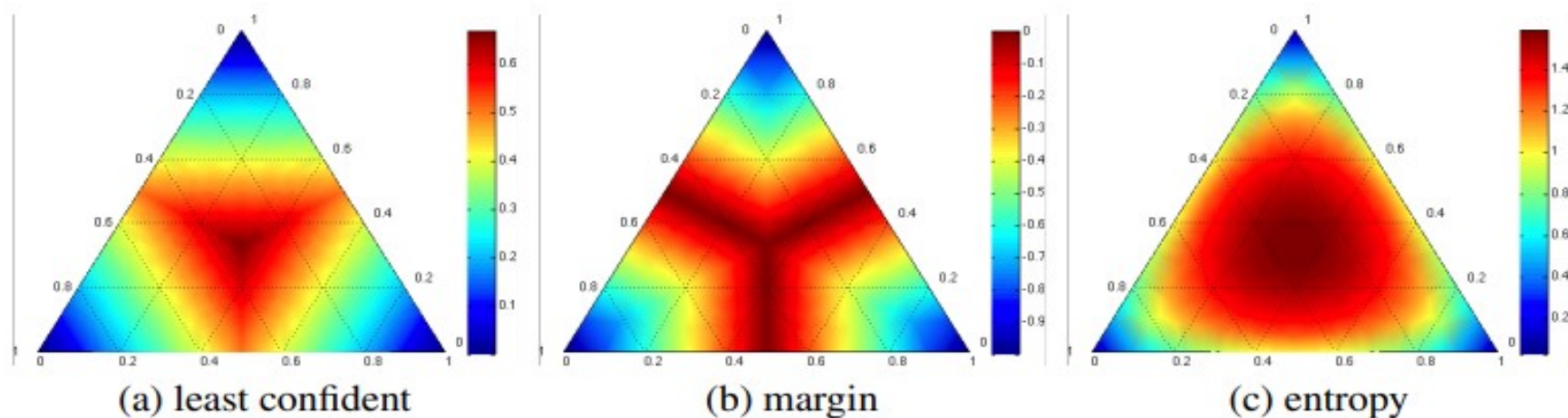
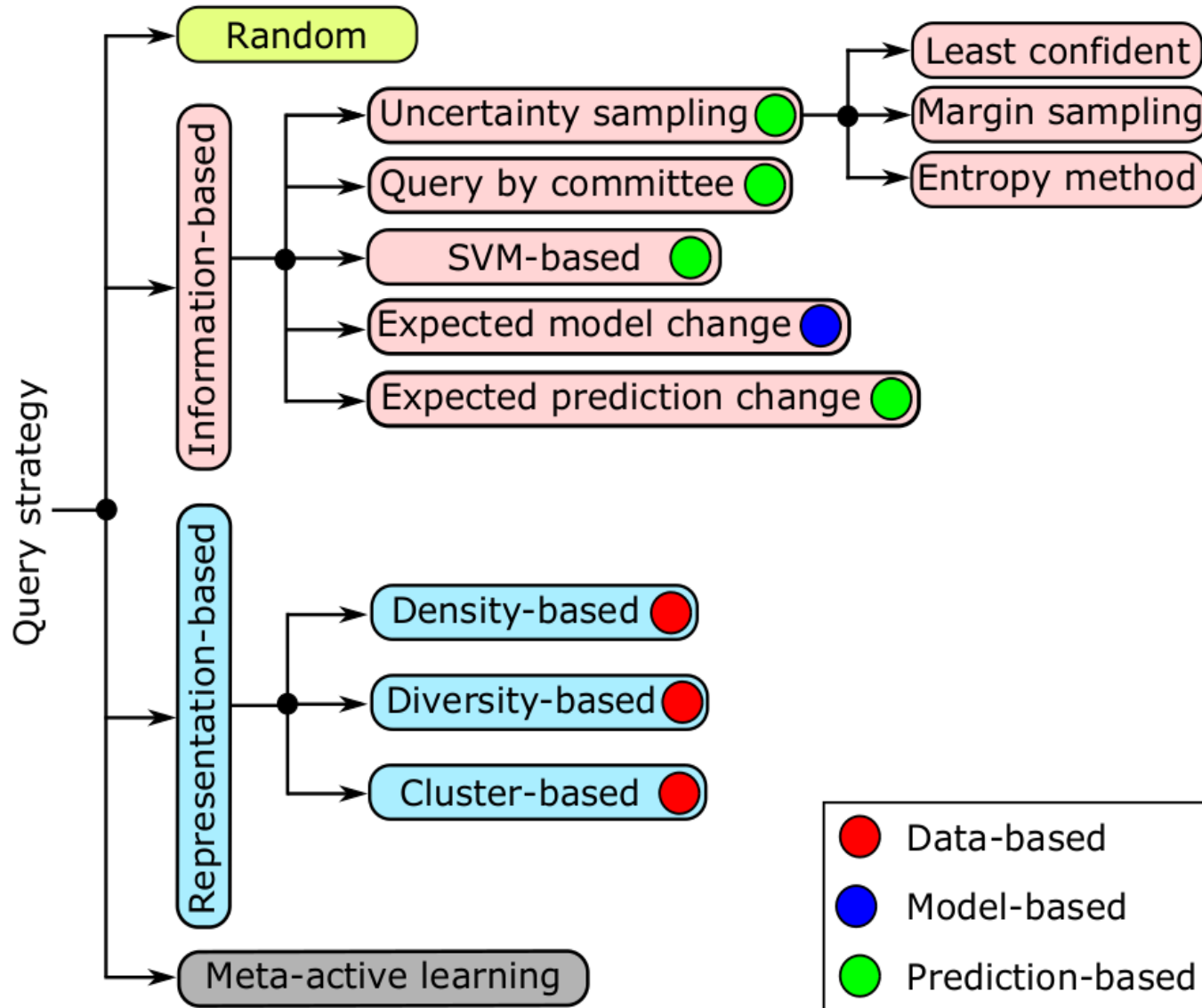


Figure 5: Heatmaps illustrating the query behavior of common uncertainty measures in a three-label classification problem. Simplex corners indicate where one label has very high probability, with the opposite edge showing the probability range for the *other* two classes when that label has very low probability. Simplex centers represent a uniform posterior distribution. The most informative query region for each strategy is shown in dark red, radiating from the centers.

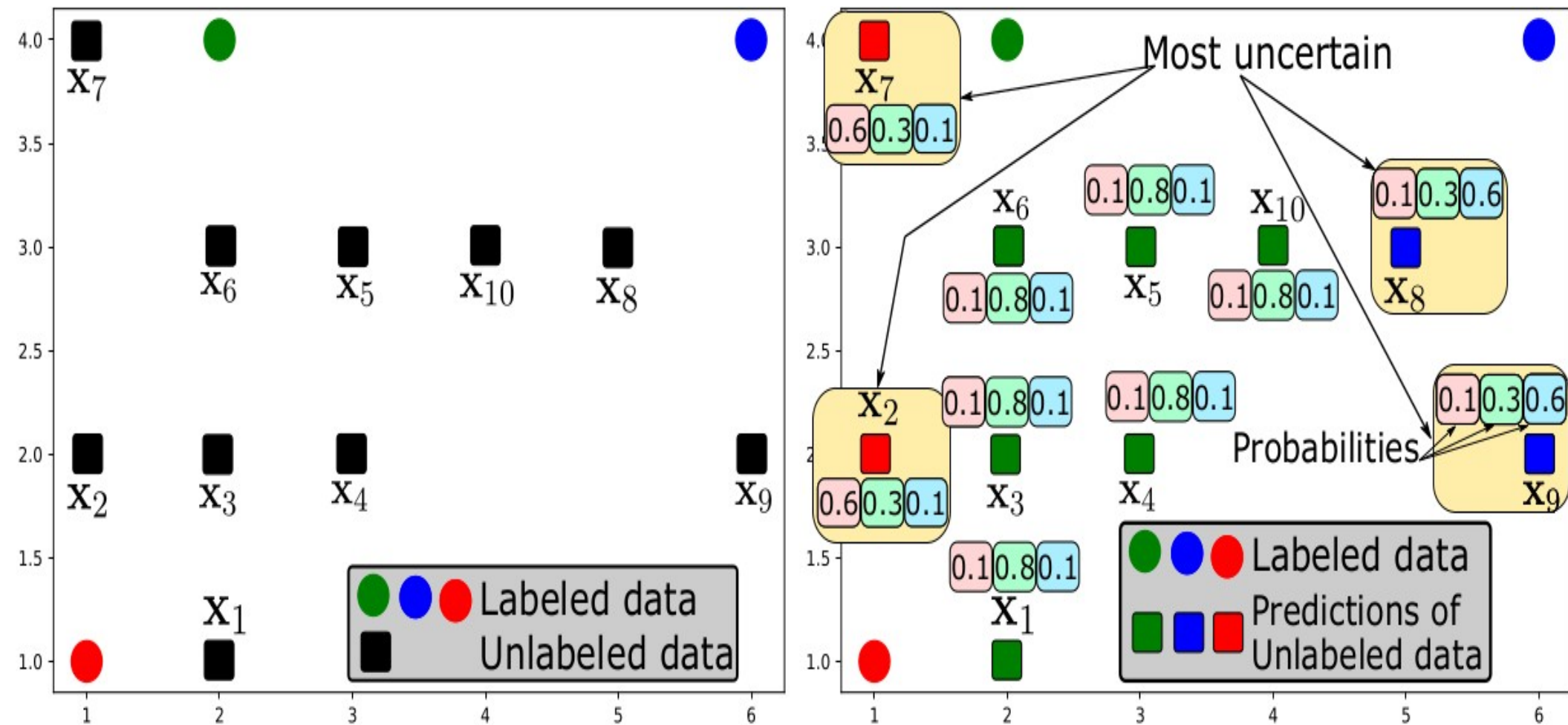
# Escolha das queries



Fonte: Tharwat, A.;  
Schenck, W. A  
Survey on Active  
Learning: State-of-  
the-Art, Practical  
Challenges and  
Research Directions.  
Mathematics 2023,  
11, 820.

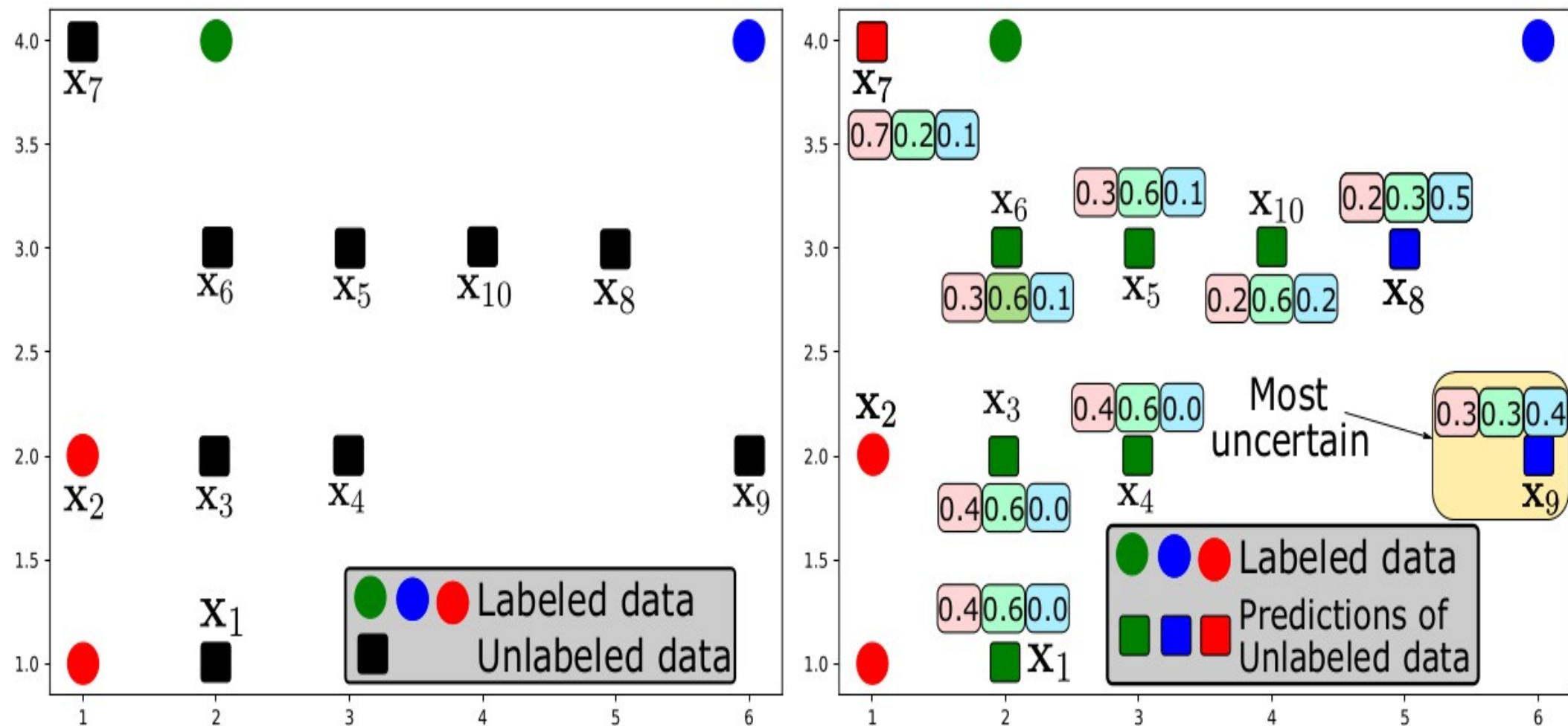


# Escolha das queries - Incerteza



Fonte: Tharwat, A.; Schenck, W. A Survey on Active Learning: State-of-the-Art, Practical Challenges and Research Directions. Mathematics 2023, 11, 820.

# Escolha das queries - Incerteza



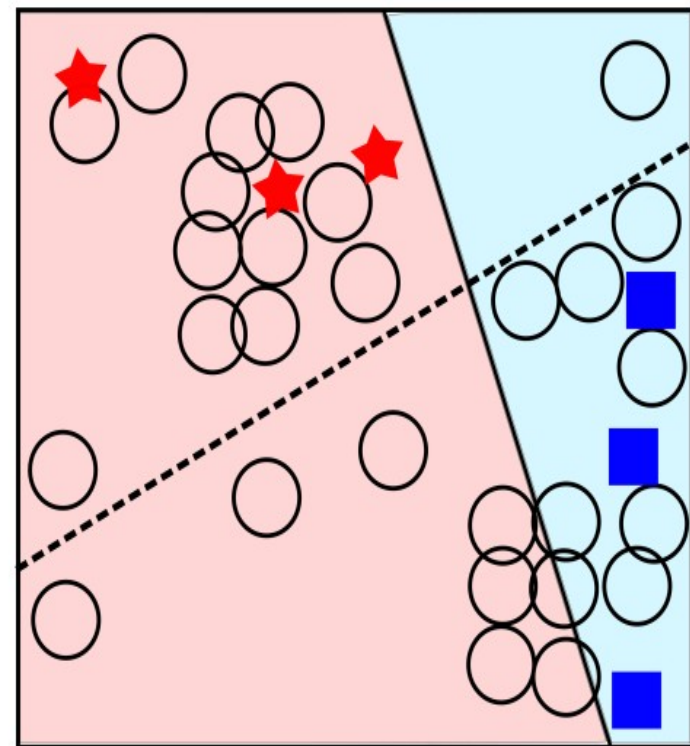
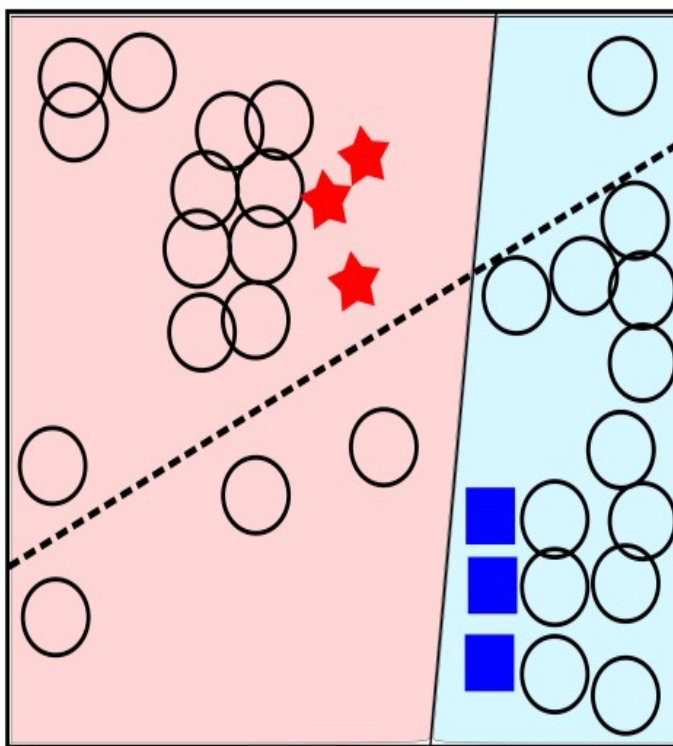
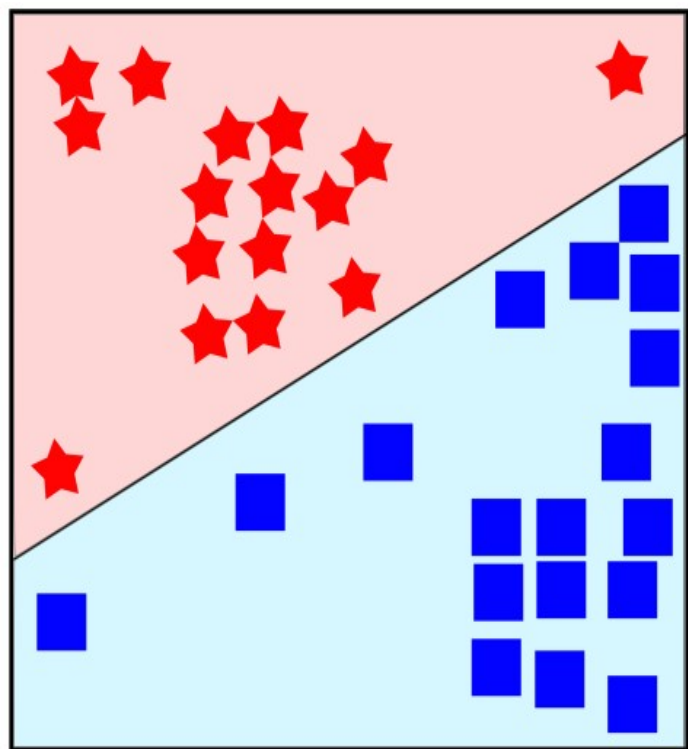
Fonte: Tharwat, A.; Schenck, W. A Survey on Active Learning: State-of-the-Art, Practical Challenges and Research Directions. Mathematics 2023, 11, 820.



# Escolha das queries

information-based strategy

representation-based strategy



Fonte: Tharwat, A.; Schenck, W. A Survey on Active Learning: State-of-the-Art, Practical Challenges and Research Directions. Mathematics 2023, 11, 820.

# Quando parar?

Depende:

- Orçamento
  - Quanto “custa” cada anotação? Qual é orçamento?
  - Juntando a resposta dessas duas perguntas, sabemos quantas iterações fazer
- Estabilidade
  - A sua acurácia parou de aumentar?



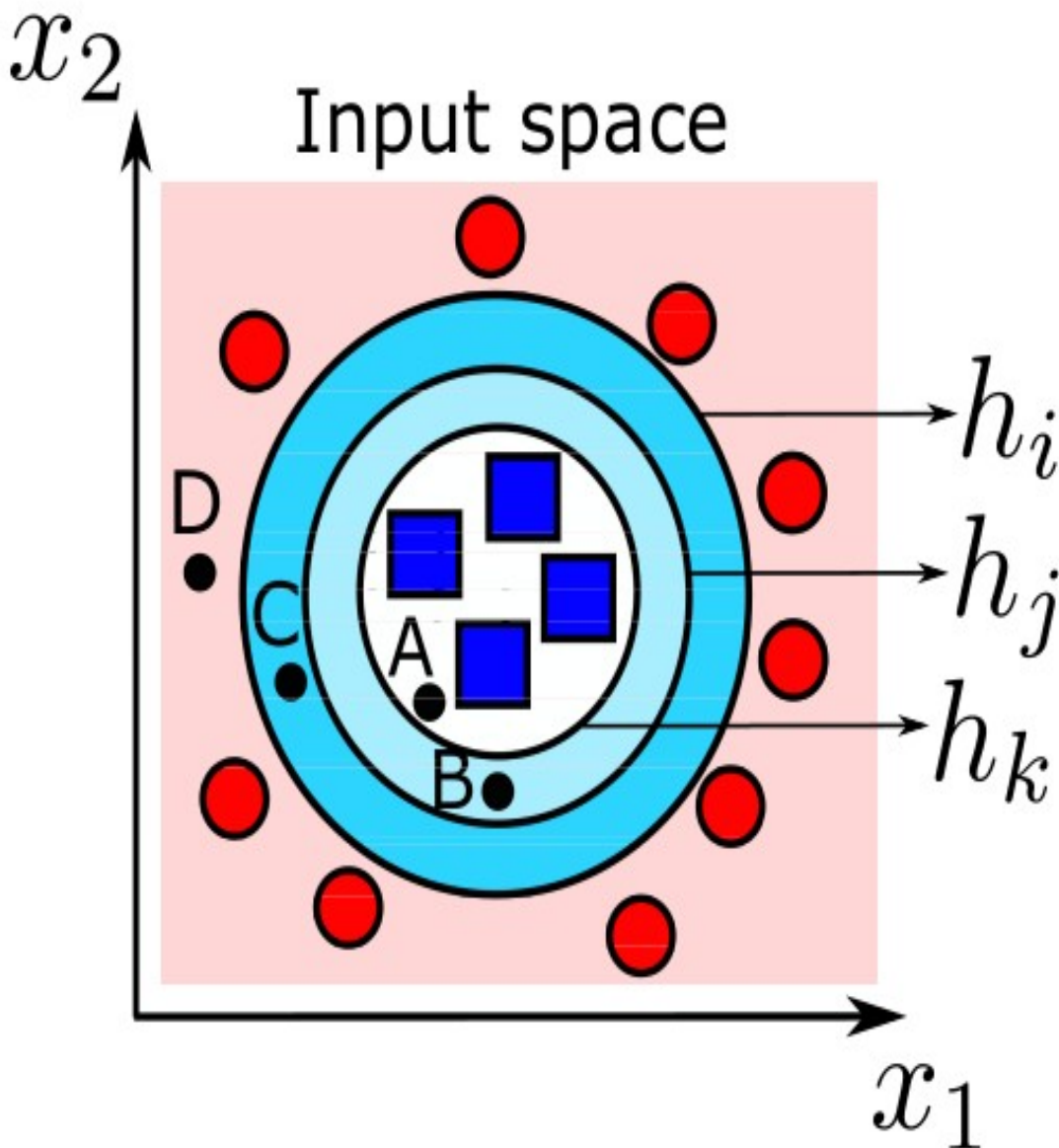
# Viés de seleção

Como a gente usa um classificador para escolher as queries para treinar um novo modelo usando o mesmo algoritmo, isso pode convergir rápido para alguma coisa muito enviesada. E agora?

Basta utilizarmos modelos diferentes (para cada etapa ou mesmo um *ensemble*) ou modelos mais instáveis



# Escolha das queries - Comitê



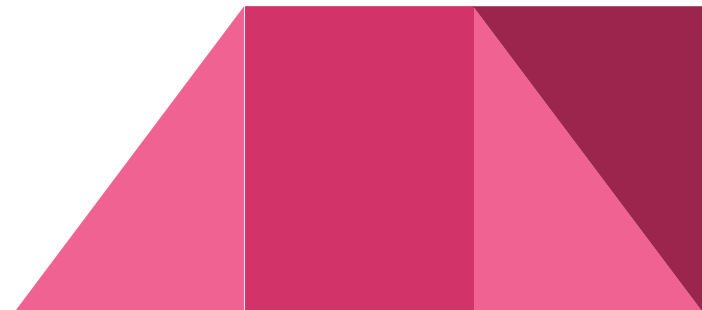
Todas as hipóteses concordam sobre A e D, enquanto B e C possuem diferentes níveis de incerteza (e.g., B pode ser vermelho ou azul de acordo com a hipótese).

Fonte: Tharwat, A.; Schenck, W. A Survey on Active Learning: State-of-the-Art, Practical Challenges and Research Directions. Mathematics 2023, 11, 820.

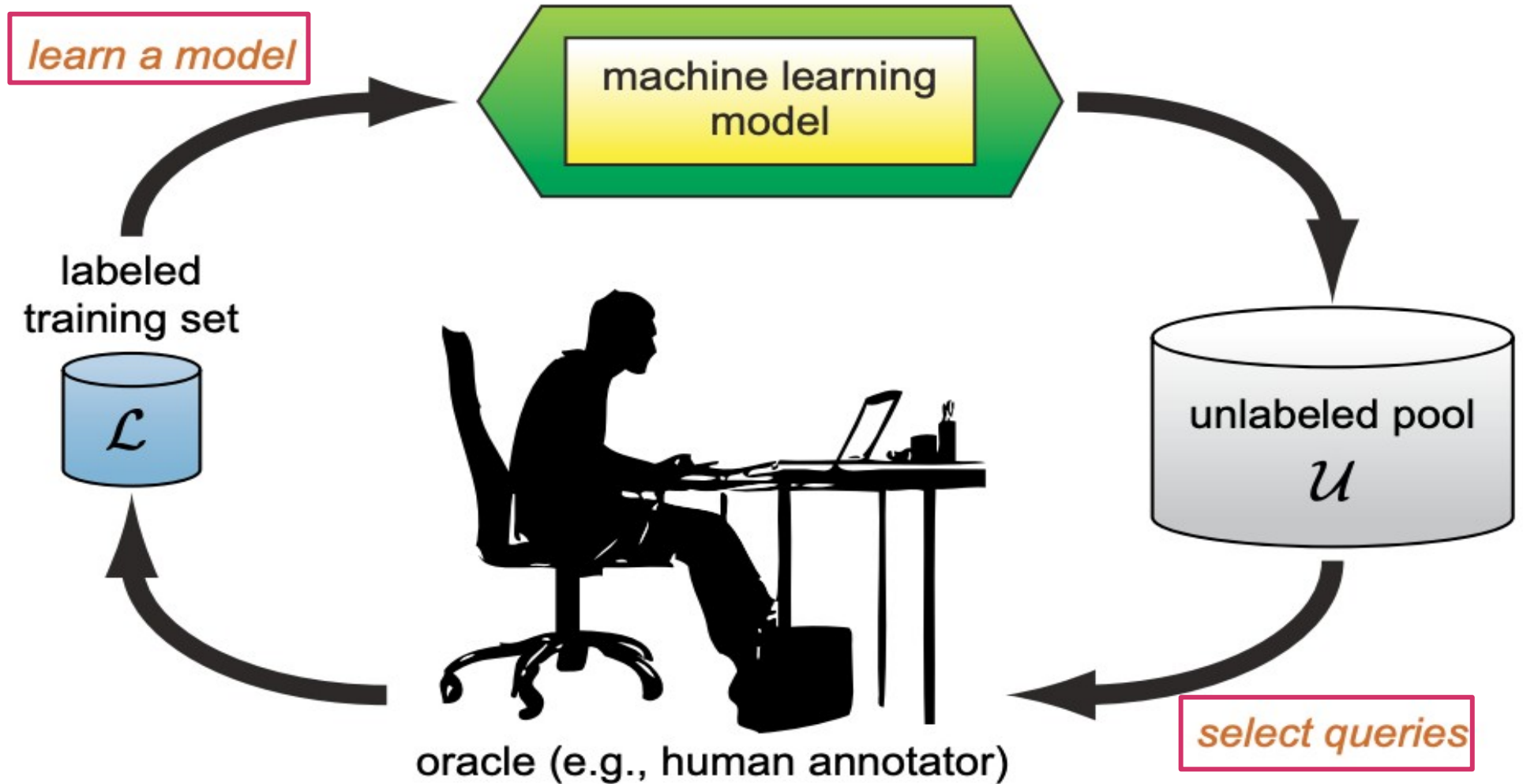
# Custo

É... aqui tem pouco a se fazer

- Sampling
- Modelos menos custosos



# Aprendizado Ativo em fluxo de dados



# Aprendizado Ativo e Mudança de Conceito

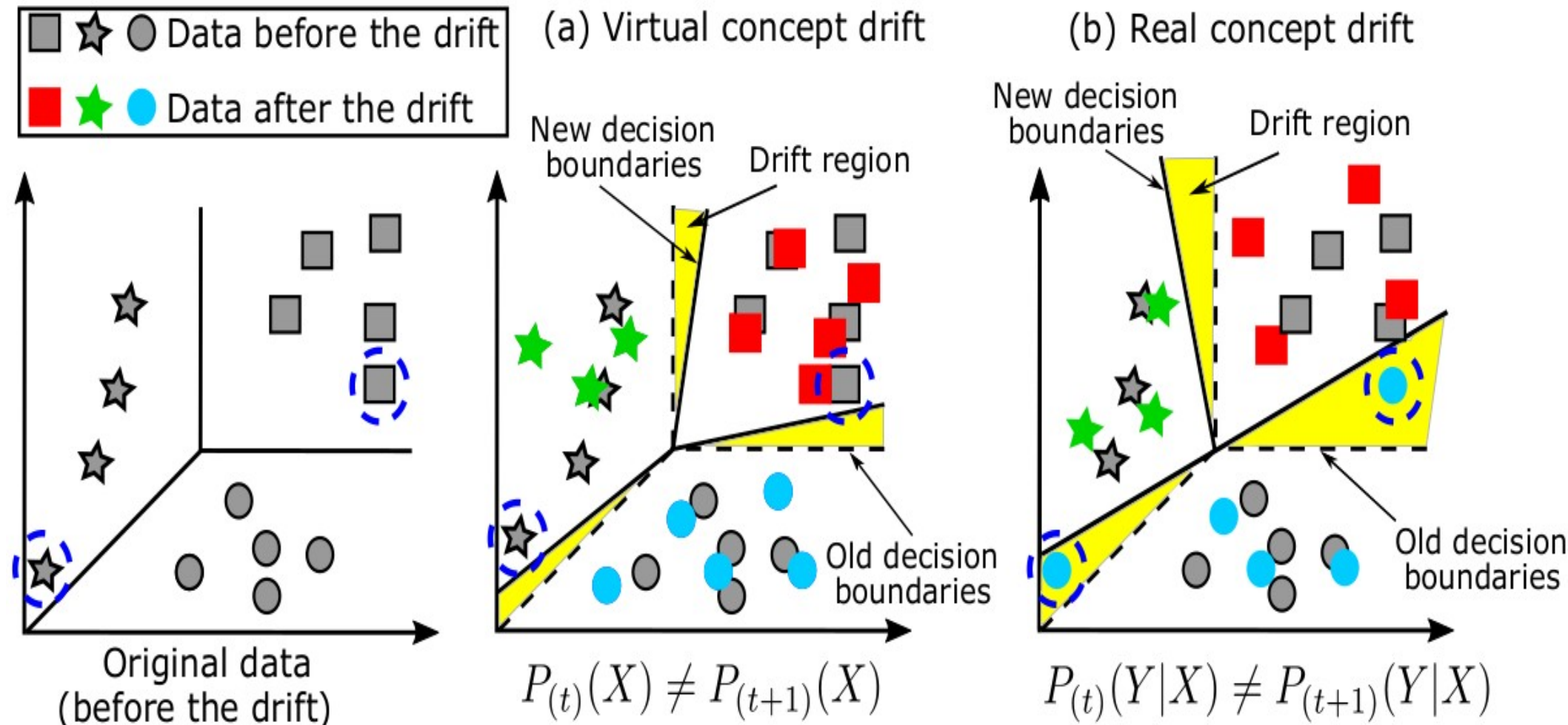
Existe uma forte relação entre aprendizado ativo e mudança de conceito (*concept drift*) em fluxo de dados

O modelo começa a errar indicando a mudança de conceito

- Aprendizado Ativo é boa opção para ajustar as fronteiras de decisão do modelo

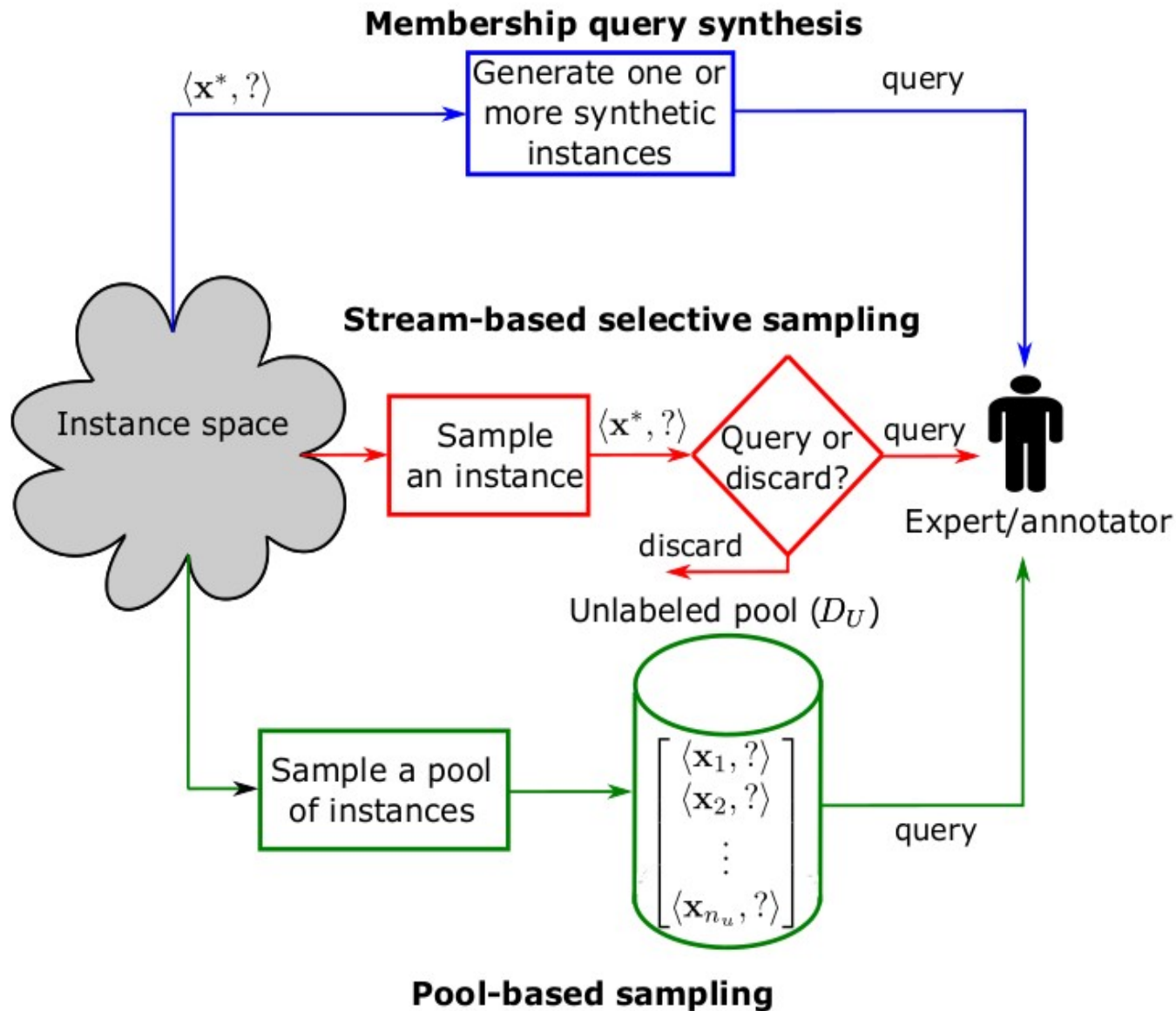


# Aprendizado Ativo e Mudança de Conceito





# Aprendizado Ativo com geração de dados



Fonte: Tharwat, A.;  
Schenck, W. A  
Survey on Active  
Learning: State-of-  
the-Art, Practical  
Challenges and  
Research Directions.  
Mathematics 2023,  
11, 820.

# Aprendizado Ativo e Otimização

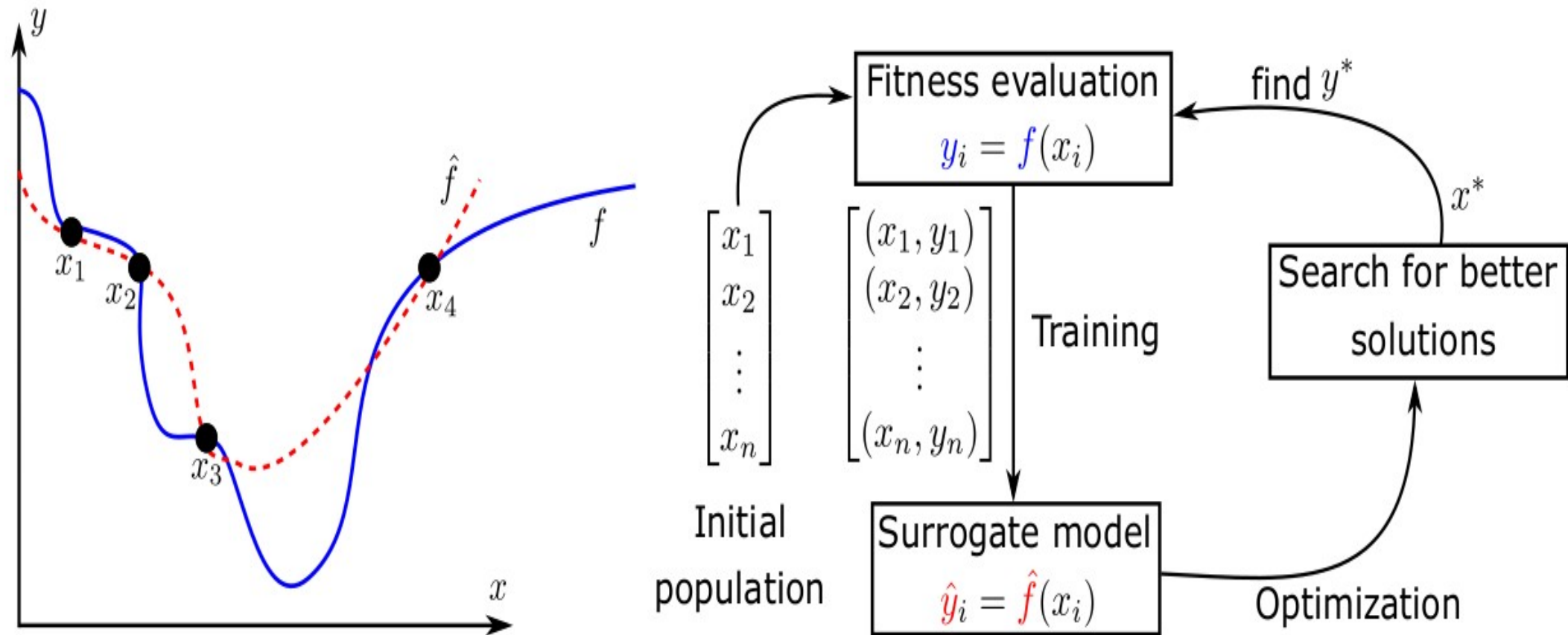
Aprendizado ativo também pode ser usado em conjunto com métodos de otimização

Exemplo:

- Função de aptidão pode ser muito custosa para ser verificada
  - Alta complexidade ou custo de verificação
- Aprendizado ativo pode ser utilizado para construir uma função objetivo aproximada



# Aprendizado Ativo e Otimização (AG)

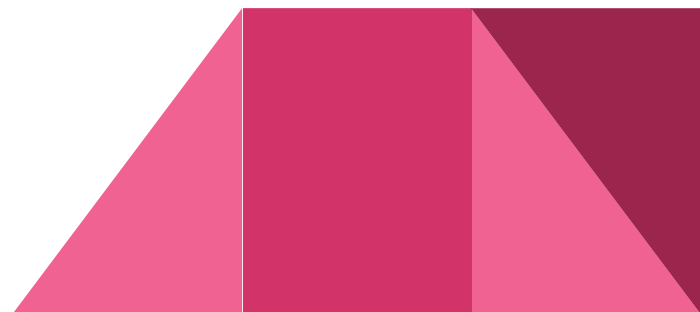


# Exemplo prático

PLN possui tarefas muito custosas para anotação

- Reconhecimento de entidade nomeada, por exemplo
- Até mesmo classificação

Esse é um cenário em que aprendizado ativo pode trazer um grande benefício



# Exemplo prático - Prodigy - Classificação de texto

A US teenage TikTok user's attempt to spread awareness about China's oppression of its Uighur Muslim population has renewed questions about censorship on the China-based social media company's platform.

☐

Politics

1

☐

Sports

2

☐

Entertainment

3

☐

Technology

4

## Exemplo prático - Prodigy - Named Entity Recognition

PERSON 1

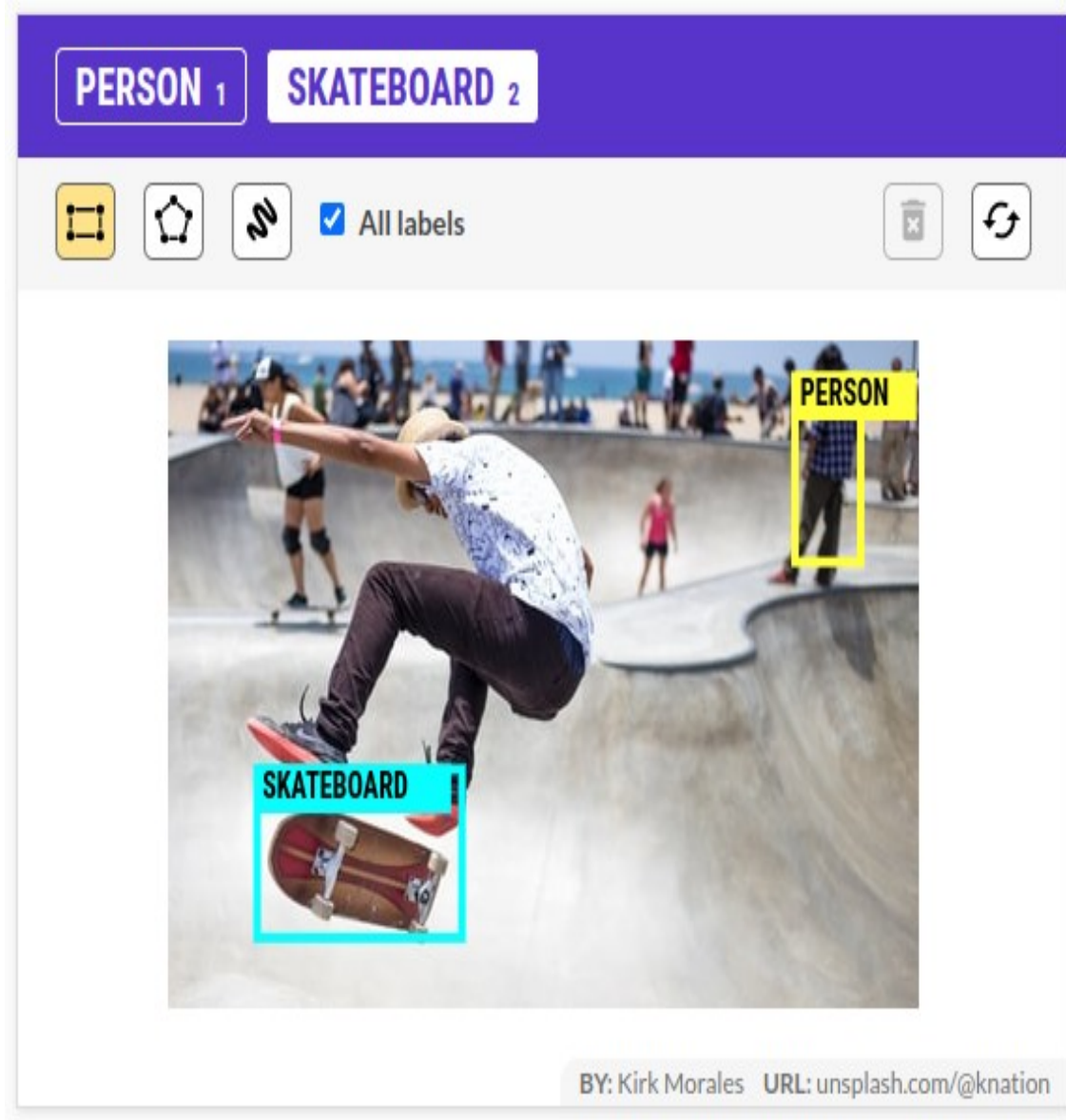
**ORG 2**

### PRODUCT 3

DATE 4

In a **March 2014** **DATE** interview , **Apple** **ORG** designer **Jonathan Ive** **PERSON** used the **iPhone** **PRODUCT** as an example of **Apple** **ORG** 's ethos of creating high - quality , life - changing products .

# Exemplo prático - Prodigy - Imagens



E é isso





# Referência e bibliografia

- Tharwat, A.; Schenck, W. A Survey on Active Learning: State-of-the-Art, Practical Challenges and Research Directions. Mathematics 2023, 11, 820. <https://doi.org/10.3390/math11040820>
- Burr Settles. “Active Learning Literature Survey”, Technical Report, 2010
- Robert (Munro) Monarch. Human-In-The-Loop Machine Learning: Active Learning and Annotation for Human-Centered AI. Simon and Schuster, 2021. ISBN 1617296740

