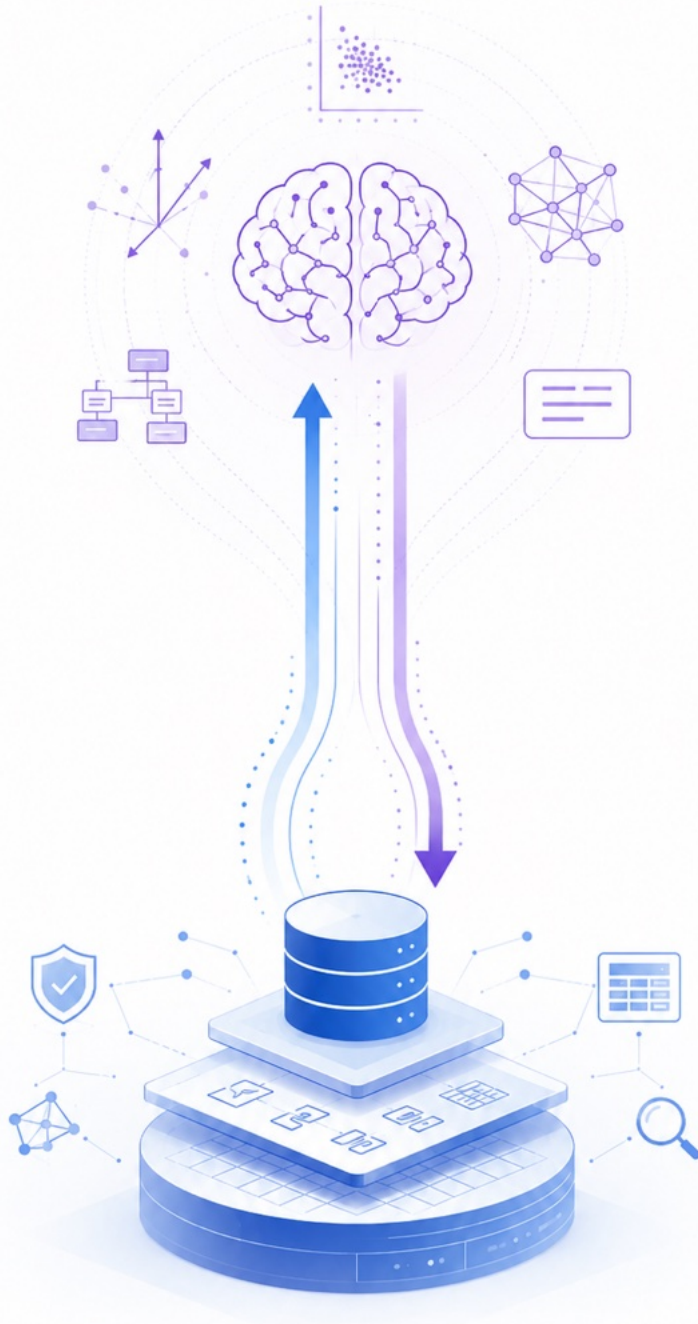


Co-Design de IA e Dados

Prof. Dr. Denis M. L. Martins
DCM | FFCLRP | USP



Sobre mim

- Engenheiro da Computação pela Universidade de Pernambuco (UPE)
- Doutorado na Universidade de Münster (Alemanha)
- Eng. de Software na Stefanini
- Pesquisador Sênior em IA na Samsung Research Brazil
- Professor na PUC-Campinas
- **Professor no DCM-USP**

Especialidade: **Ciência de Dados e IA**



Dados multidimensionais

Dados reais raramente vivem em 2D.
Precisamos de uma técnica que ajude a **organizar o caos**.

- Centenas de variáveis.
- Milhares de amostras (observações).
- Relações não lineares.
- Grupos difíceis de interpretar.

Fonte da Imagem: <https://unsplash.com/@sametkurtkus> ↗

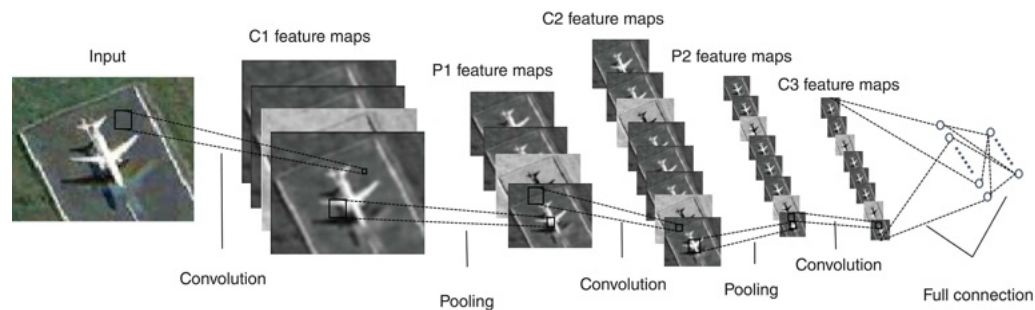


Escalar a IA em larga escala exige um *design colaborativo* de sistemas de dados e modelos inteligentes.

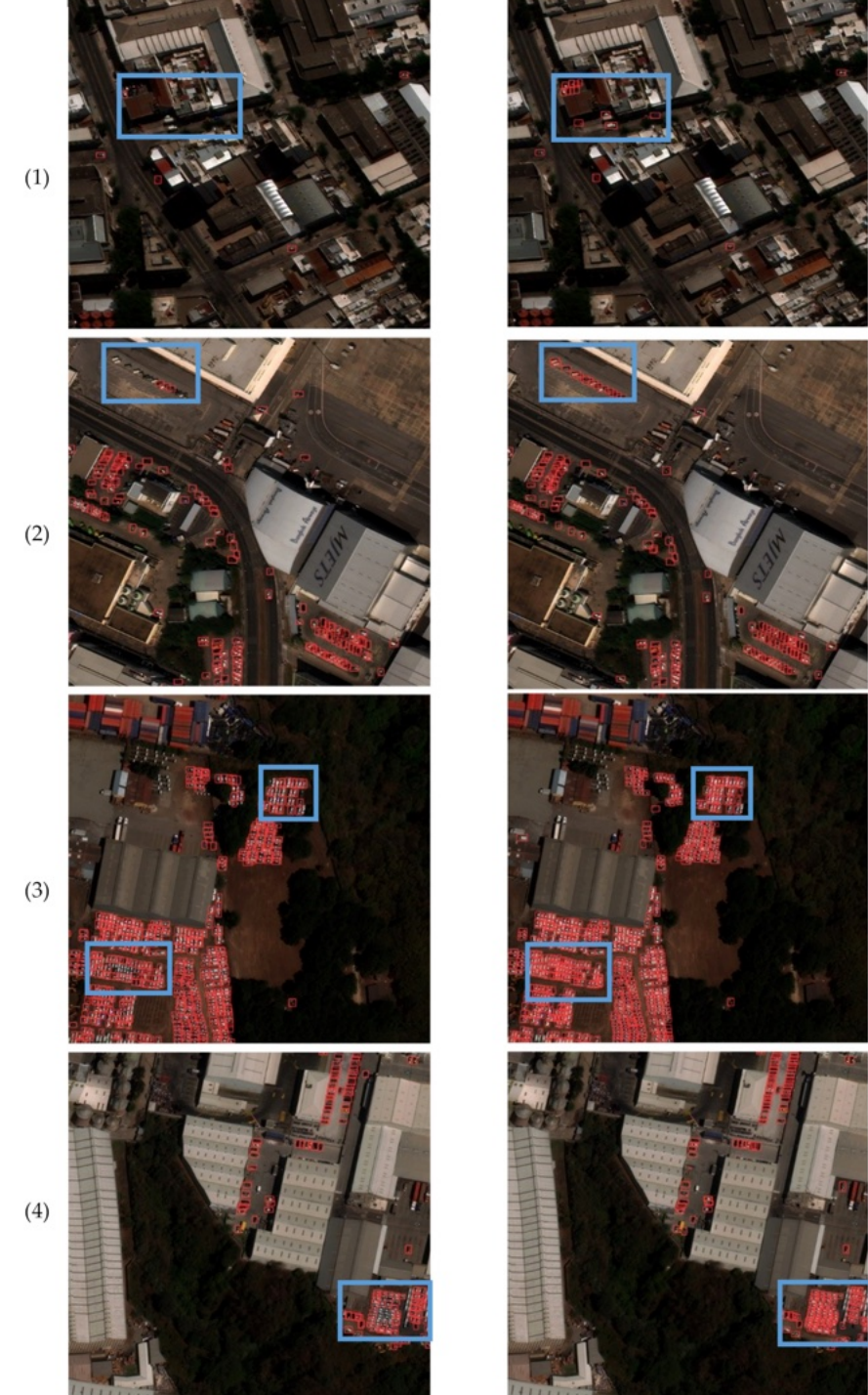
Motivação

Em várias aplicações, objetos de interesse são raros em dados massivos.

- Podemos *anotar* alguns dados e treinar um classificador (*e.g.*, CNN) com IA.
- Depois, podemos aplicá-lo ao **banco de dados completo** para encontrar os objetos de interesse.



Fonte da Imagem: [Kim et al. ECAP-YOLO \(2021\)](#)



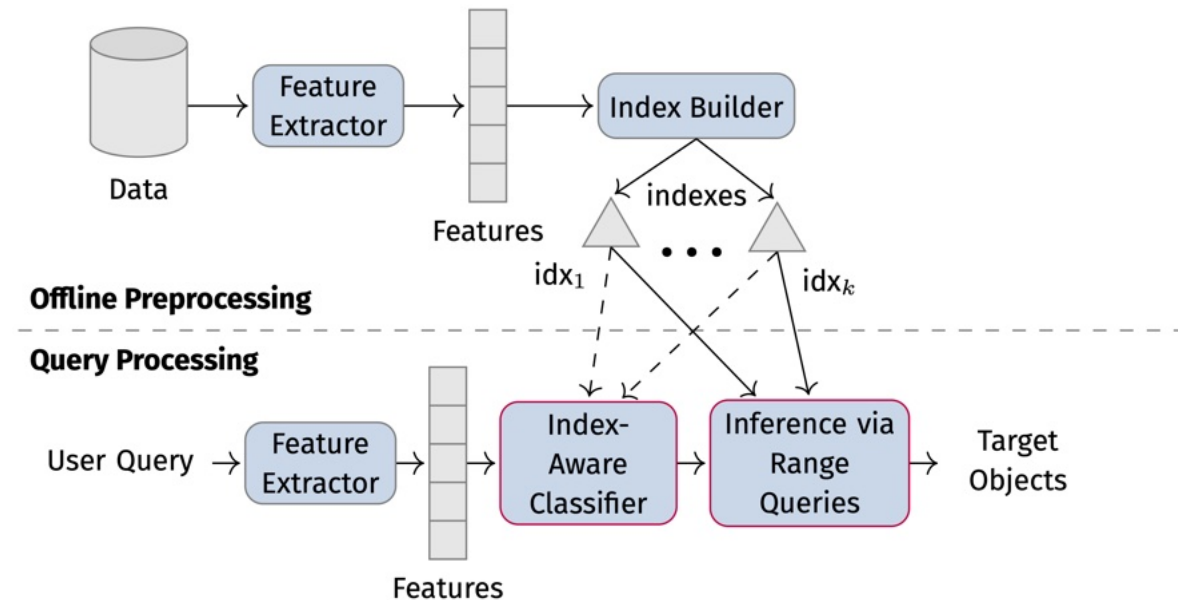
Co-Design: Usando Índices

A busca tradicional exige escanear todo o banco de dados.

- Ineficiente
- Ignora o potencial do DBMS.

Co-design de índices multidimensionais e modelos de IA.

Fonte: LÜLF, Christian et al. Fast Search-by-Classification for Large-Scale Databases Using Index-Aware Decision Trees and Random Forests. Proceedings of the VLDB Endowment, v. 16, n. 11, p. 2845-2857, 2023. [🔗](#)



Co-Design: Modelos → SQL + Índices

Melhor desempenho de classificação em comparação com **Random Forest**.

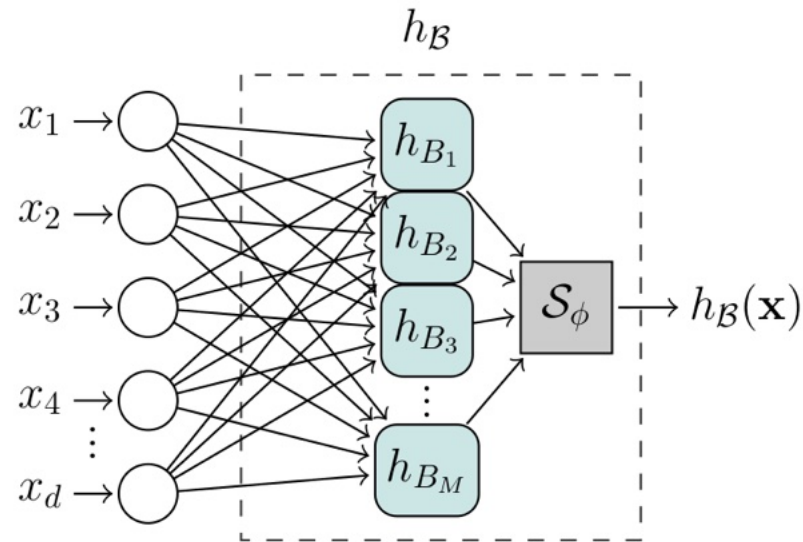
Muito mais **~200 vezes mais rápido**.

Model	T_{train}	T_{query}	T_{total}	F_1 -score
DBranch	0.398	1.047	1.445	0.833
DTree	0.855	1, 043.433	1, 044.288	0.829
DBEns	0.993	5.666	6.658	0.914
RForest	0.274	1, 319.688	1, 319.961	0.904
ExTrees	0.122	1, 332.026	1, 332.148	0.950

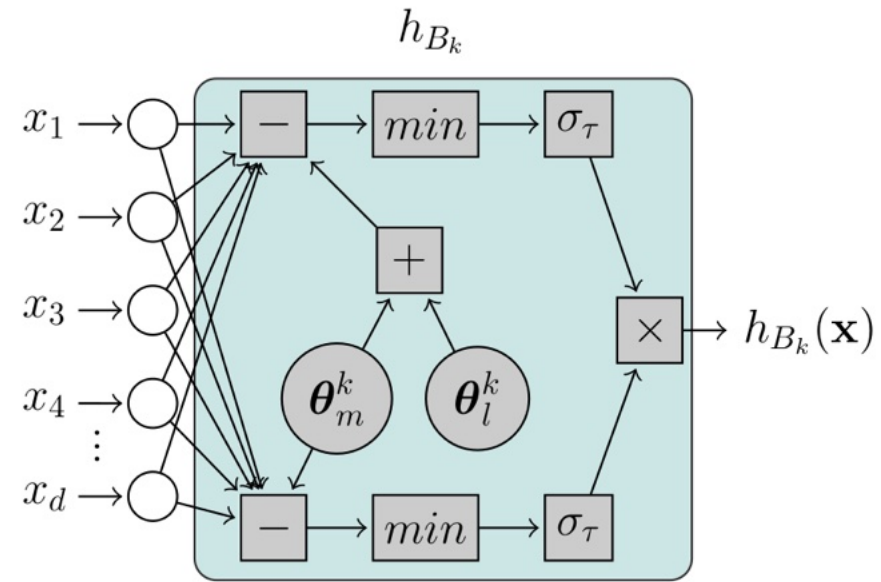
Fonte: LÜLF, Christian et al. Fast Search-by-Classification for Large-Scale Databases Using Index-Aware Decision Trees and Random Forests. Proceedings of the VLDB Endowment , v. 16, n. 11, p. 2845-2857, 2023. [↗](#)

Co-Design: Generalizando Modelos \rightarrow SQL

HyperNN: Deep Learning \rightarrow Hyperboxes \rightarrow SQL



HyperNN Network Structure



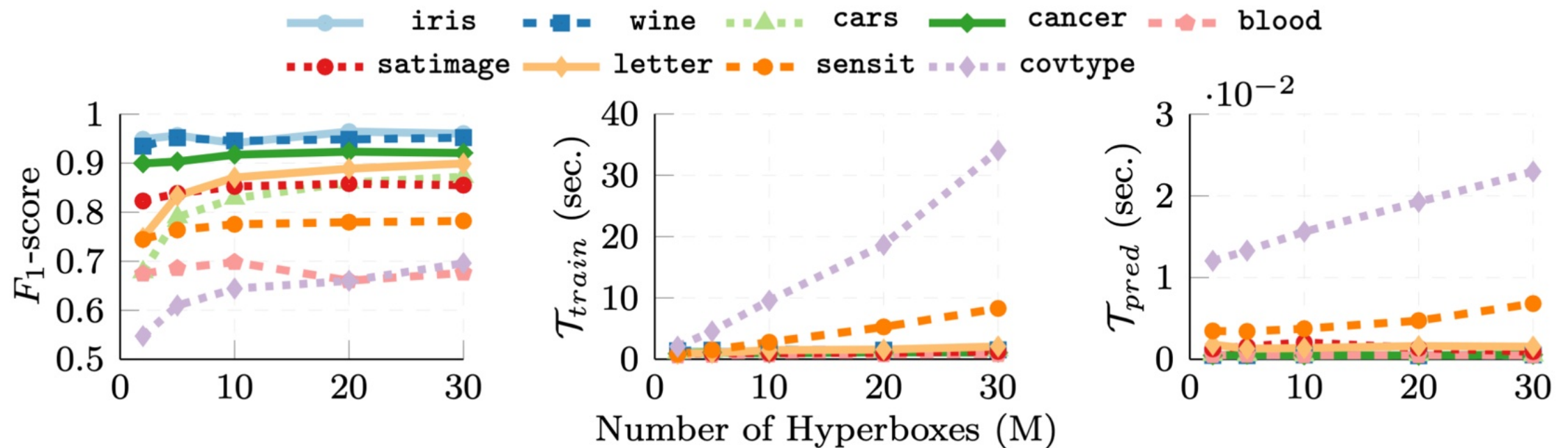
Hyperbox Neuron

Fonte: Martins, Denis Mayr Lima, Christian Lülff, and Fabian Gieseke. "Training neural networks end-to-end for hyperbox-based classification." *Neurocomputing* 599 (2024): 127961. [↗](#)

Co-Design: Generalizando Modelos → SQL

HyperNN: Deep Learning → Hyperboxes → SQL

Decisão da Rede Neural pode ser traduzida facilmente em SQL.



Fonte: Martins, Denis Mayr Lima, Christian Lülfi, and Fabian Gieseke. "Training neural networks end-to-end for hyperbox-based classification." *Neurocomputing* 599 (2024): 127961. [↗](#)

Co-Design: Embeddings + Index

Arquitetura [CLIP](#) para *text-image embeddings*.

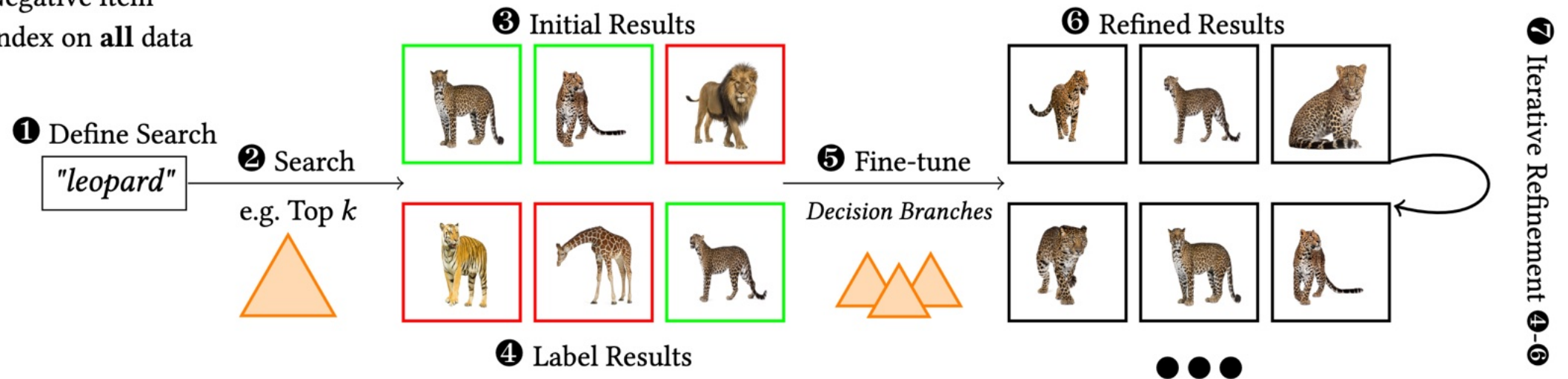
Busca tradicional + Refinamento via *Decision Branches*.

Legend:

□ Positive item

□ Negative item

△ Index on **all** data



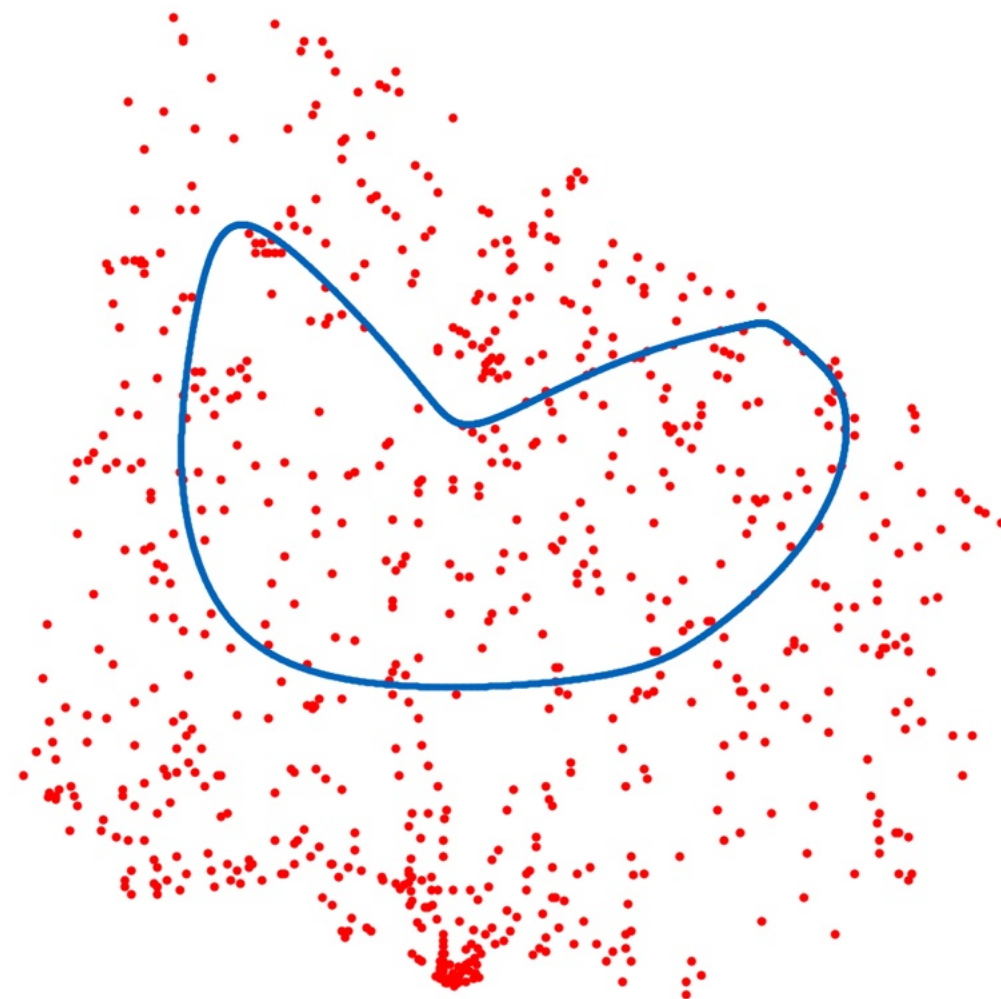
LÜLF, Christian et al. Clip-branches: Interactive fine-tuning for text-image retrieval. In: Proceedings of the 47th international ACM SIGIR conference on research and development in information retrieval. 2024. p. 2719-2723. [↗](#)

**Imagine que você tem milhares de dados: textos,
imagens, embeddings de IA...**
com pouca anotação...

Self-Organizing Map (SOM)

Um Self-Organizing Map transforma dados complexos em um **mapa bidimensional organizado**:

- cada neurônio é uma região do mapa;
- cada dado é associado ao neurônio mais parecido;
- regiões próximas representam padrões semelhantes;
- a topologia dos dados é parcialmente preservada.



Fonte da Imagem: [Diego Vicente](#) 

Self-Organizing Map (SOM)

SOM aprende a preservar a **topologia** dos dados.

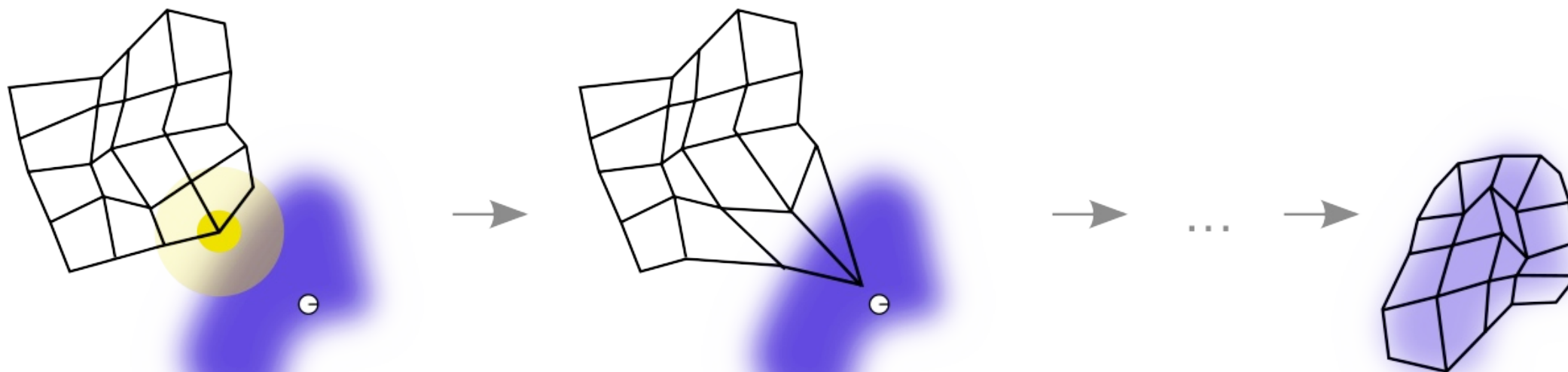
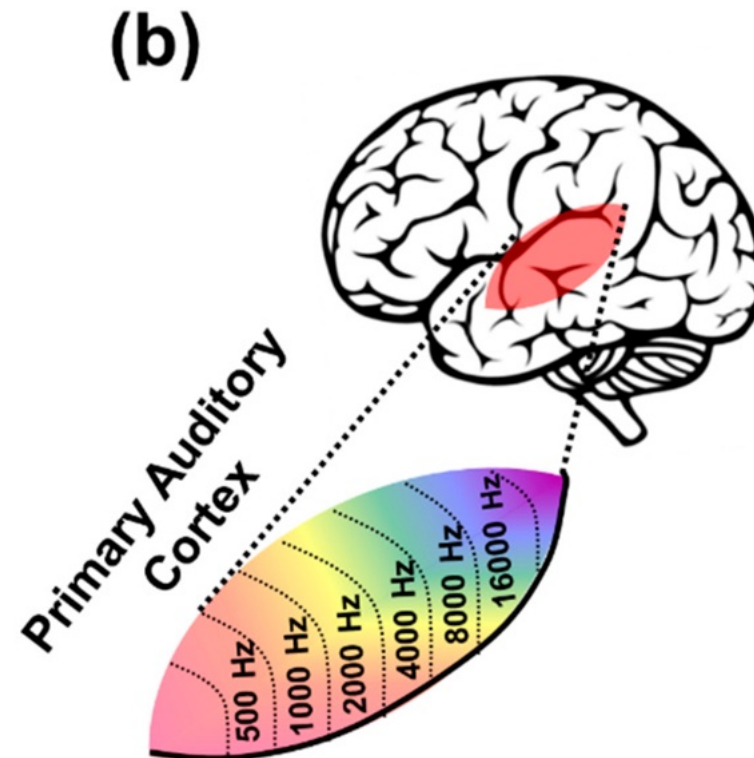
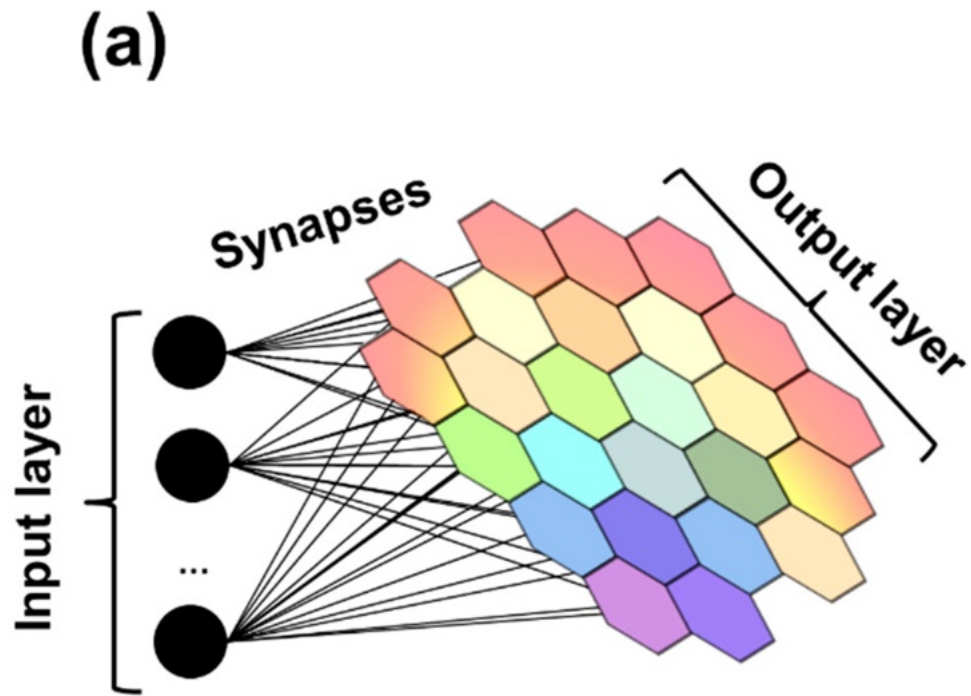


Ilustração do treinamento de SOM (grade) para se moldar à distribuição dos dados (em azul). Fonte da Imagem: [Wikipedia](#) .

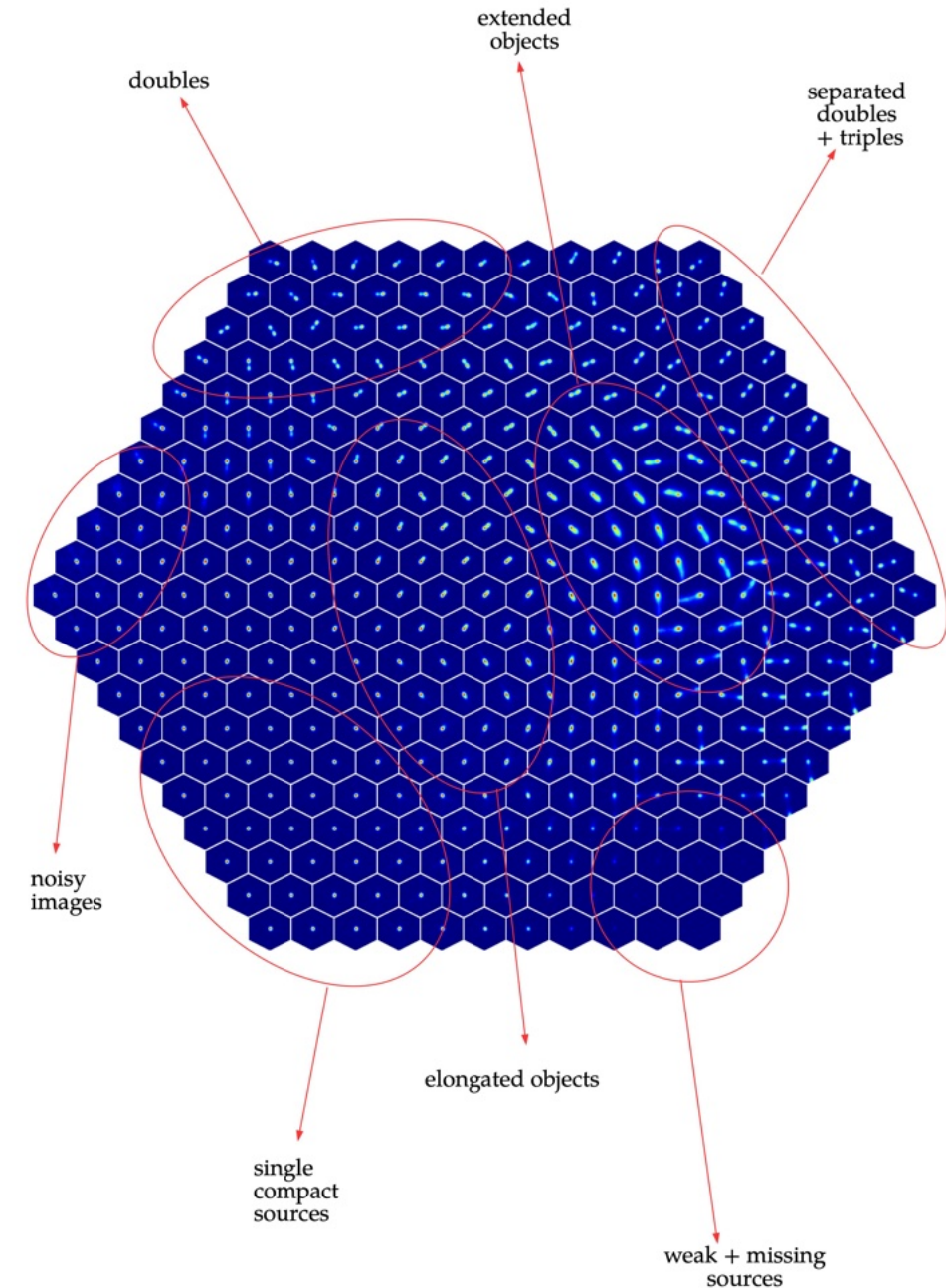
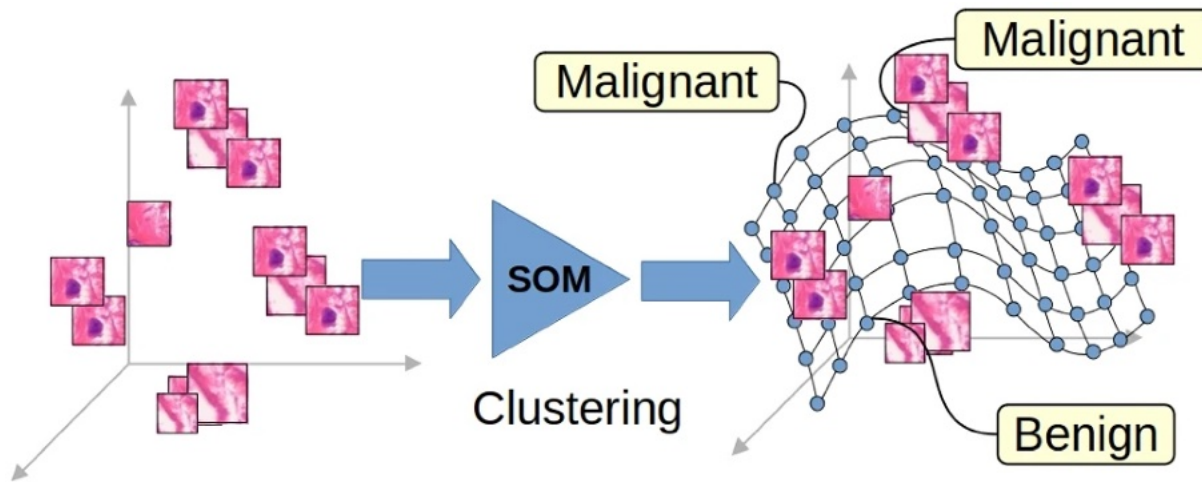
Self-Organizing Map (SOM)



Na imagem: (a) Exemplo de um SOM. (b) Exemplo de um mapa topológico de neurônios no cérebro humano, correspondente ao córtex auditivo. Fonte: [Marta Pedró et al.](#)

Aplicações

- Visualização de dados de galáxias (veja ao lado: [Polsterer et al. 2015](#))
- Análise de imagens histopatológicas (veja abaixo: [Amato et al. 2024](#))



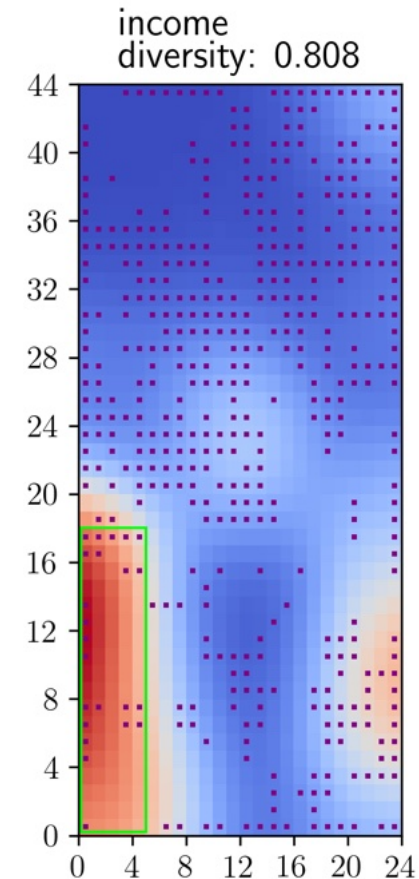
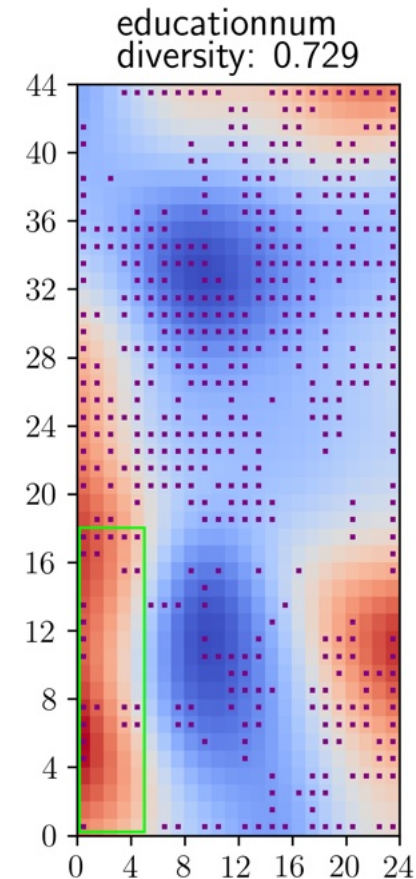
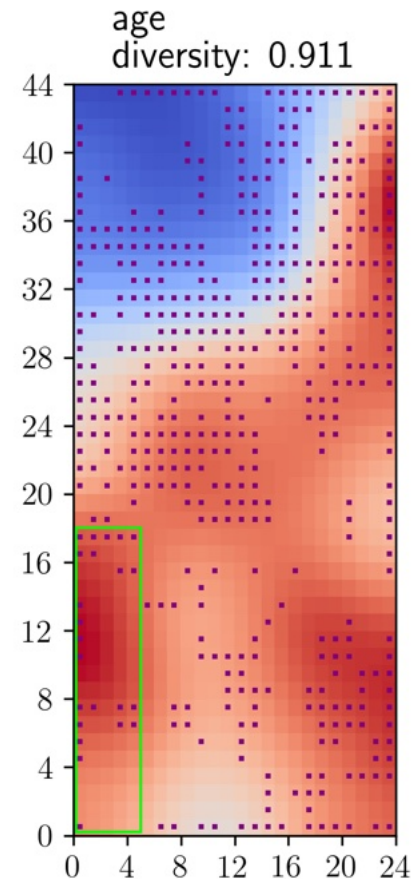
Por que SOM?

O SOM combina três ideias poderosas:

1. Redução de dimensionalidade
2. Clusterização
3. Visualização interpretável

Ele cria uma superfície organizada para explorar padrões.

Na imagem: Mapa de exploração para compra de dados. Fonte: [Martins and Vossen. "Self-organizing maps for data purchase support in data marketplaces." ICCCI 2023.](#) 



LLMs estão se tornando componentes essenciais em aplicações modernas


Como funcionaria o co-design de *prompts* de LLM e *dados*?

Prompts e Dados

O principal desafio reside no fato de que os *prompts* não são gerenciados de forma centralizada ou padronizada.

- Pouco documentados
- Complexos para manter e adaptar
- Duplicados em diferentes *pipelines* ou fluxos de trabalho
- Ocultos em frameworks complexos de orquestração externa.
- **Desconectados dos dados que eles usam!**

Prompts devem ser gerenciados por sistemas de gerenciamento de bancos de dados.

Mais informações em: [CETINTEMEL, Ugur et al. Making prompts first-class citizens for adaptive llm pipelines. arXiv preprint arXiv:2508.05012, 2025.](#) 

Ficou Interessado? Junte-se ao Nosso Time!

- **Problemas Abertos:** Precisamos de ajuda para resolver questões de escalabilidade e eficiência.
- **Pesquisa Aplicada** em Gerenciamento de Dados, Agricultura, Saúde, Direito, Pesquisa Operacional, Avaliação de Fornecedores em Cadeias de Suprimento...
- **Parcerias** nacionais e internacionais.

Se você gosta de inteligência artificial, ciência de dados e resolver problemas complexos, então nosso time é o lugar certo para você.



Muito Obrigado!

Contato: martins.denis@usp.br ↗

Site e GitHub: <https://denmartins.github.io> ↗