

Inteligência Artificial na Saúde

Brainhack POA 2019

Prof. Felipe Meneguzzi (Politécnica)

felipe.meneguzzi@pucrs.br



CV Resumido

- Formação:
 - Bacharelado em Computação (PUCRS, 2001)
 - Mestrado em Computação (PUCRS, 2003)
 - Doutorado em Inteligência Artificial (KCL, 2009)
- Atuação:
 - Software Engineer/Tech Lead (HP, 2004-2005)
 - Project Scientist (CMU, 2009–2011) - Scientific Advisor (Agent Dynamics, 2010–2011)
 - Professor Adjunto (PUCRS, 2012-atual)

Plano

- O que é IA?
- Técnicas de IA: Aprendedores vs. Resolvedores
- Aplicações de IA em Medicina
- Aplicações no Brasil

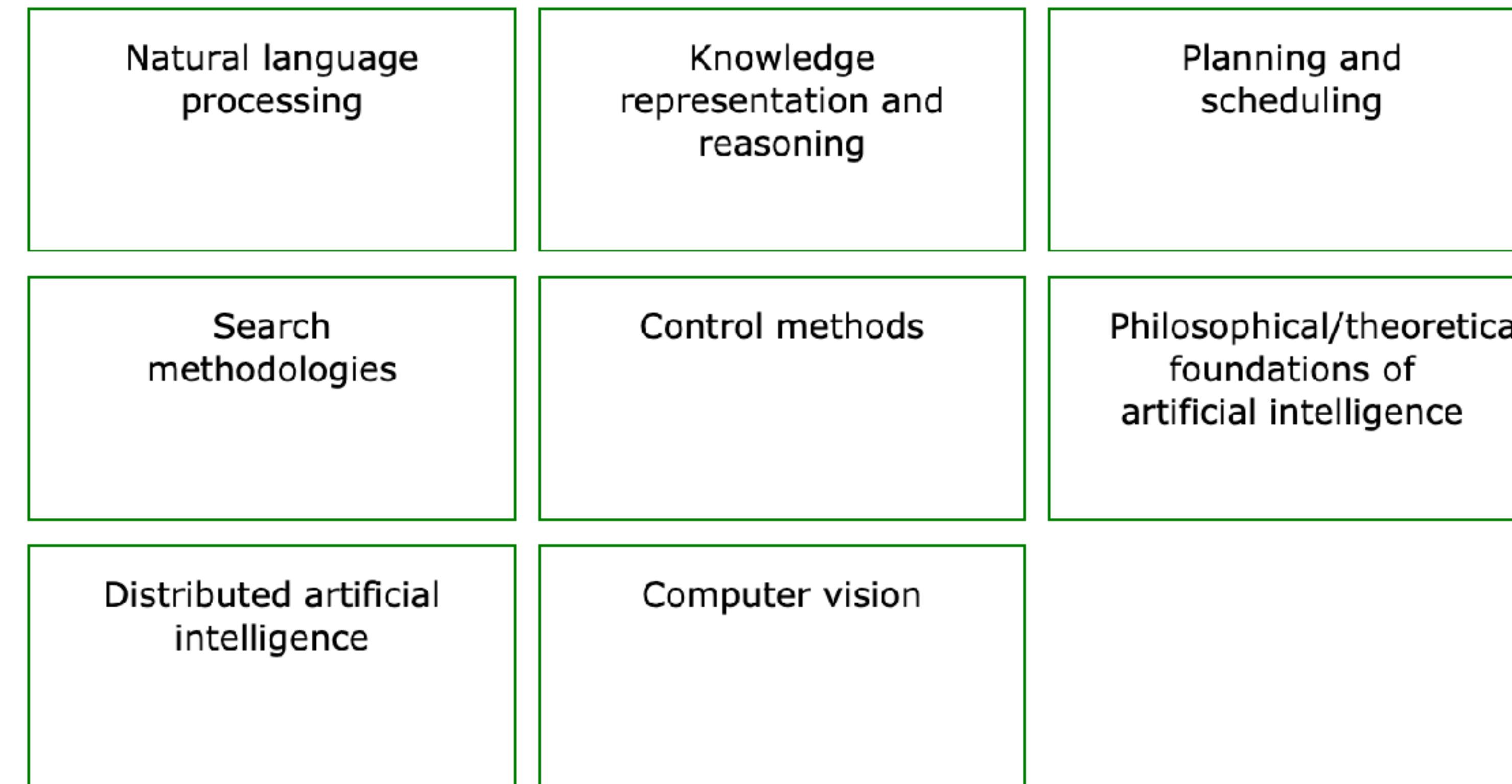
O que é IA?

O que é Inteligência Artificial?

- Área ampla de ciência da computação
 - Focada em resolver problemas que necessitam “cognição”
- Inclui técnicas para:
 - Processamento de Linguagem Natural
 - Processamento de Imagens
 - Aprendizado de Máquina
 - Planejamento Automático
 - Controle
 - Raciocínio Automático

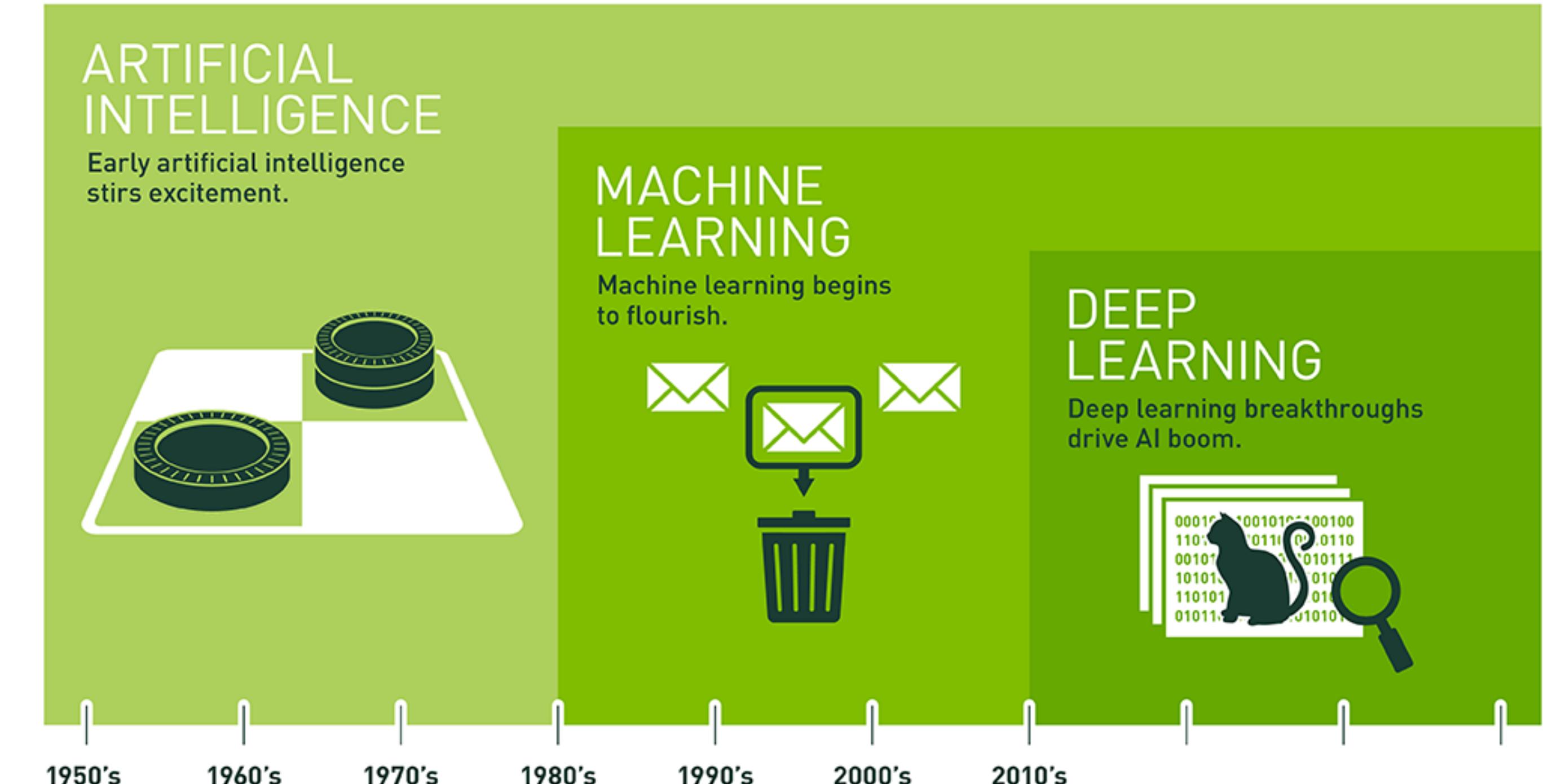
Aprendizado e IA

- ACM classifica Aprendizado de Máquina como uma área **distinta** de Inteligência Artificial



Na Visão de Deep Learning

- Na visão de ML/DL
aprendizado de máquina
perfaz boa parte da IA



Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

Na Visão da Microsoft

- Machine learning é uma área dentre várias

Machine learning

Developing and improving algorithms that help computers learn from data to create more advanced, intelligent computer systems.

AI, people, and society

Examining the societal and individual impacts on the spread of intelligent technologies to formulate best practices for their design.

Cyberphysical systems and robotics

Developing formal methods to ensure the integrity of drones, assistive robotics and other intelligent technologies that interact with the physical world.

Human language technologies

Linking language to the world through speech recognition, language modeling, language understanding, spoken language systems, and dialog systems.

Systems, tools and platforms

Integrating intelligent technologies to create interactive tools such as chatbots that incorporate contextual data to augment and enrich human reasoning.

Human AI collaboration

Harnessing research breakthroughs in artificial intelligence to design technologies that allow humans to interact with computers in novel, meaningful and productive ways.

Perception and sensing

Making computers and devices understand what they see to enable tasks ranging from autonomous driving to analysis of medical images.

Integrative intelligence

Weaving together advances in AI from disciplines such as computer vision and human language technologies to create end-to-end systems that learn from data and experience.

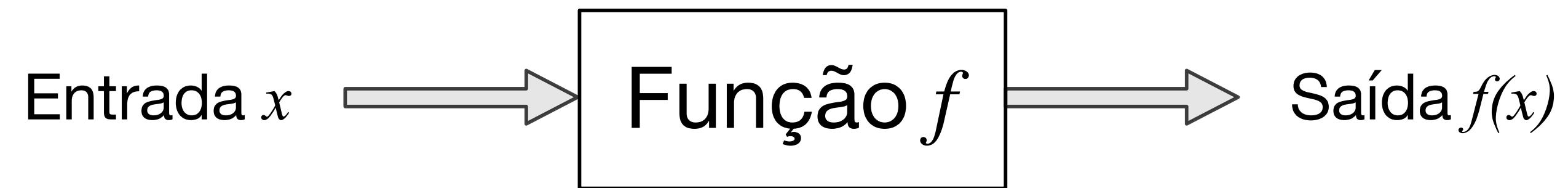
Decisions and plans

Reasoning about future events to enable informed collaborations between humans and intelligent agents.

Aprendedores vs Resolvedores

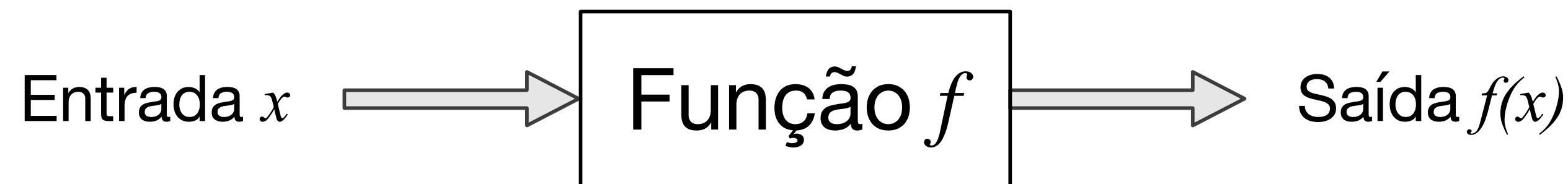
Resolvedores vs. Aprendedores

- Aprendedores e resolvedores têm uma funcionalidade bem delimitada



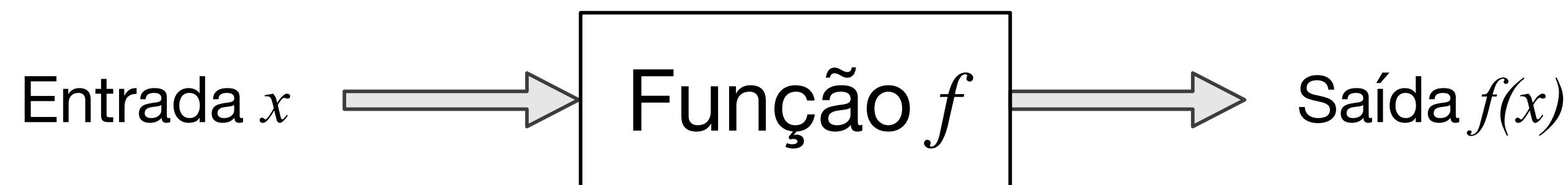
- São aplicáveis a **classes de modelos e tarefas expressas matematicamente**

Aprendedores

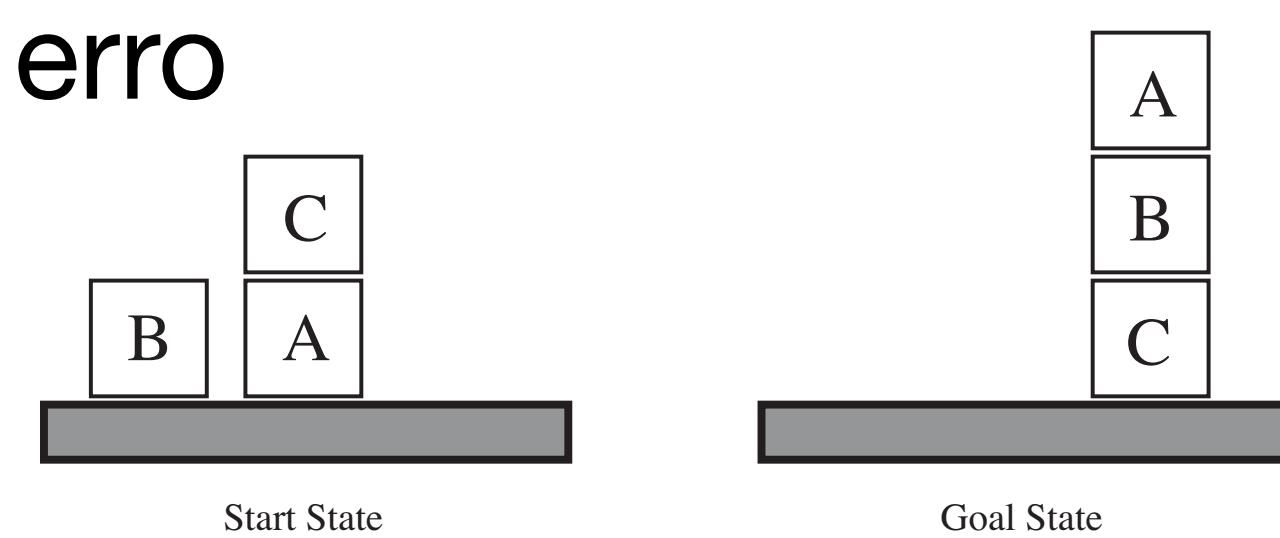


- Em aprendizado de máquina, a função é derivada de um processo de treinamento
 - Tipicamente representado na forma de minimização de erro
 - Algoritmos de otimização estocástica
- Grandes avanços recentes em deep learning para aprender a jogar Xadrez ou Go (ou StarCraft) dentro de um **tabuleiro de tamanho fixo**
- Mas problemáticos para resolver instâncias arbitrárias de **Mundo dos Blocos**

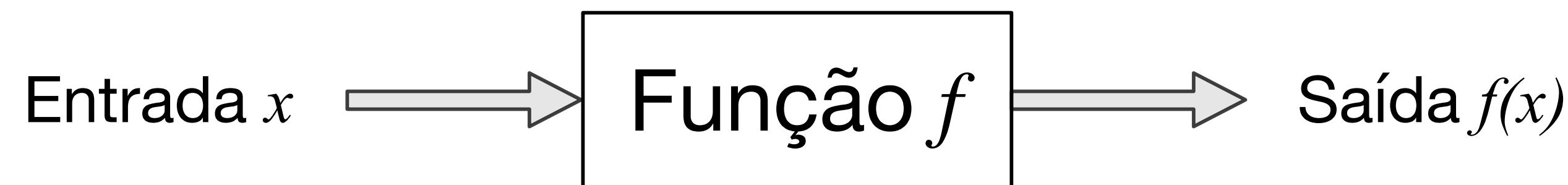
Aprendedores



- Em aprendizado de máquina, a função é derivada de um processo de treinamento
 - Tipicamente representado na forma de minimização de erro
 - Algoritmos de otimização estocástica
- Grandes avanços recentes em deep learning para aprender a jogar Xadrez ou Go (ou StarCraft) dentro de um **tabuleiro de tamanho fixo**
- Mas problemáticos para resolver instâncias arbitrárias de **Mundo dos Blocos**

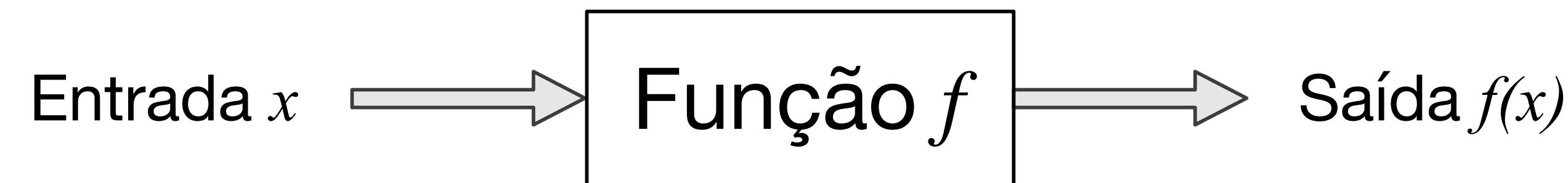


Resolvedores



- **Resolvedores** derivam a saída da função para uma **entrada** a partir de um **modelo**
 - Generalização da solução está no resolvedor **por definição**
 - Expressividade de vários resolvedores é AI-Complete (POMDPs)
 - Degradam de forma **previsível**
- Grande problema: custo computacional

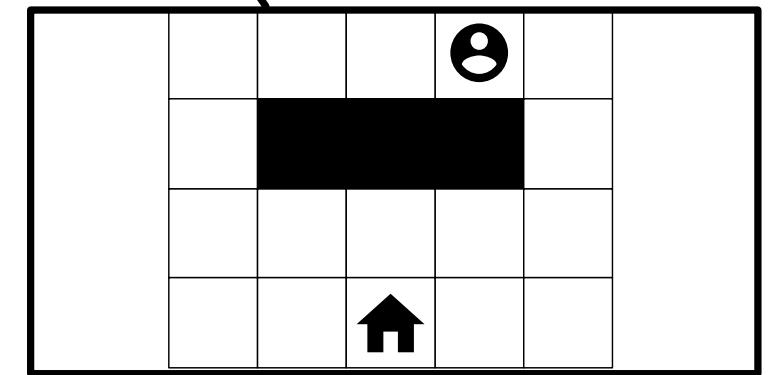
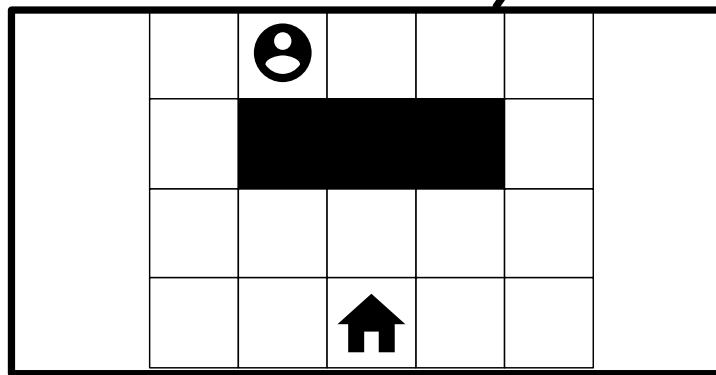
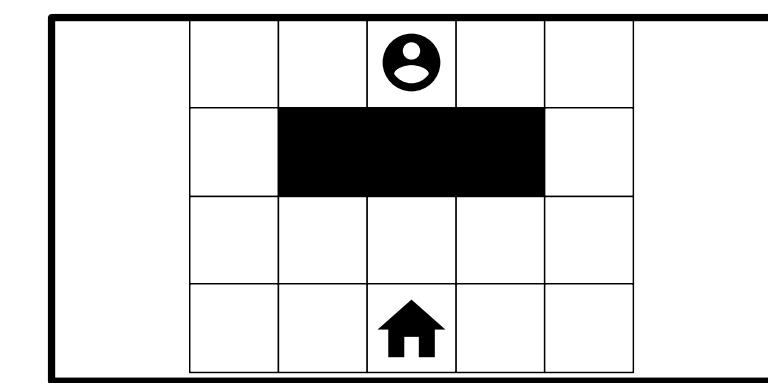
Resolvedores vs. Aprendedores



- **Aprendedores** requerem **experiência sobre problemas relacionados**
 - Então computam respostas **rapidamente**
- **Resolvedores** lidam com **problemas completamente novos**, mas precisam **pensar**
 - Computam cada função da entrada **do zero**
- Analogia: Thinking Fast and Thinking Slow (Daniel Kahneman)

Resolvedores em uma Casca de Noz

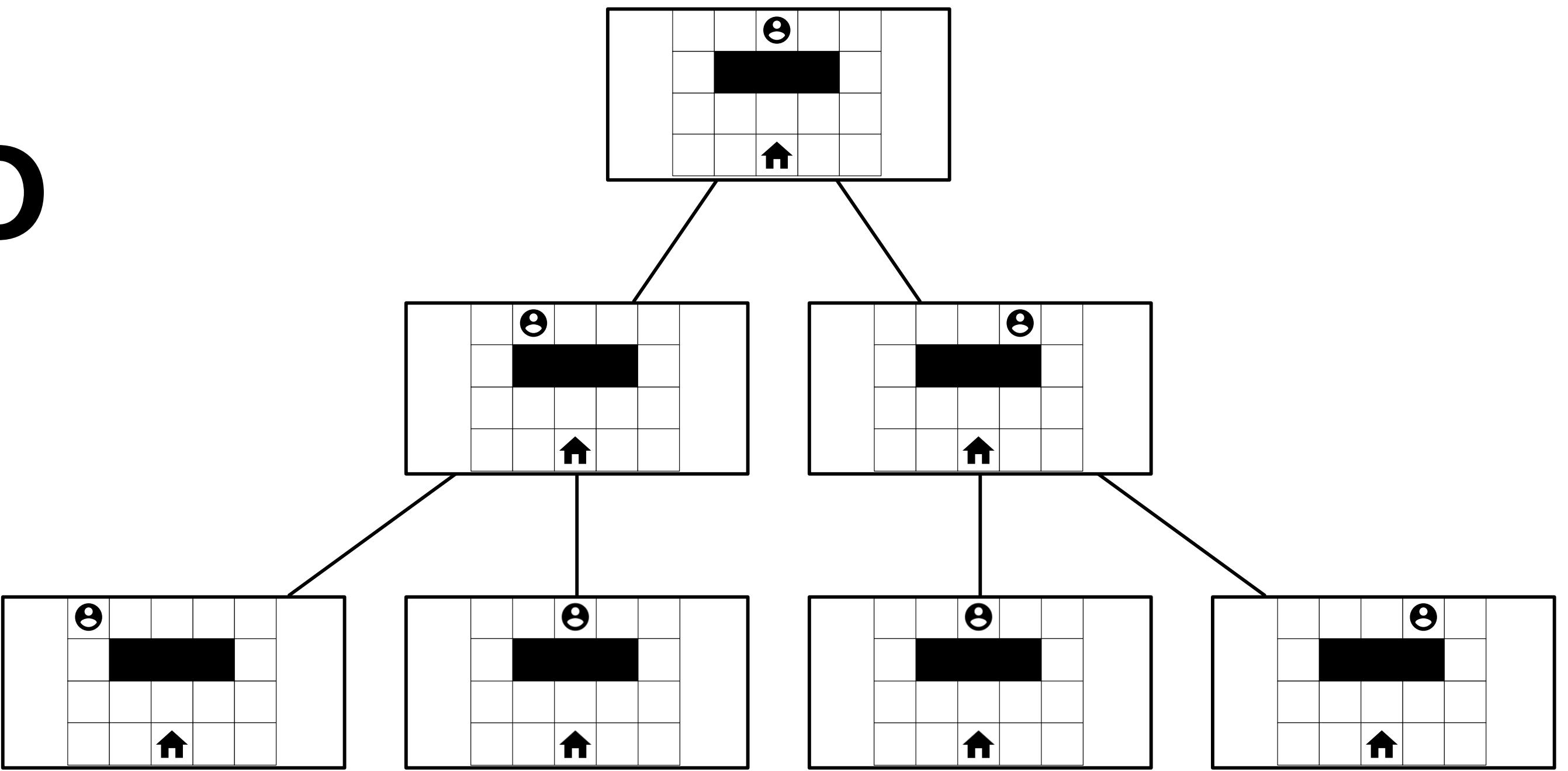
Função de Transição



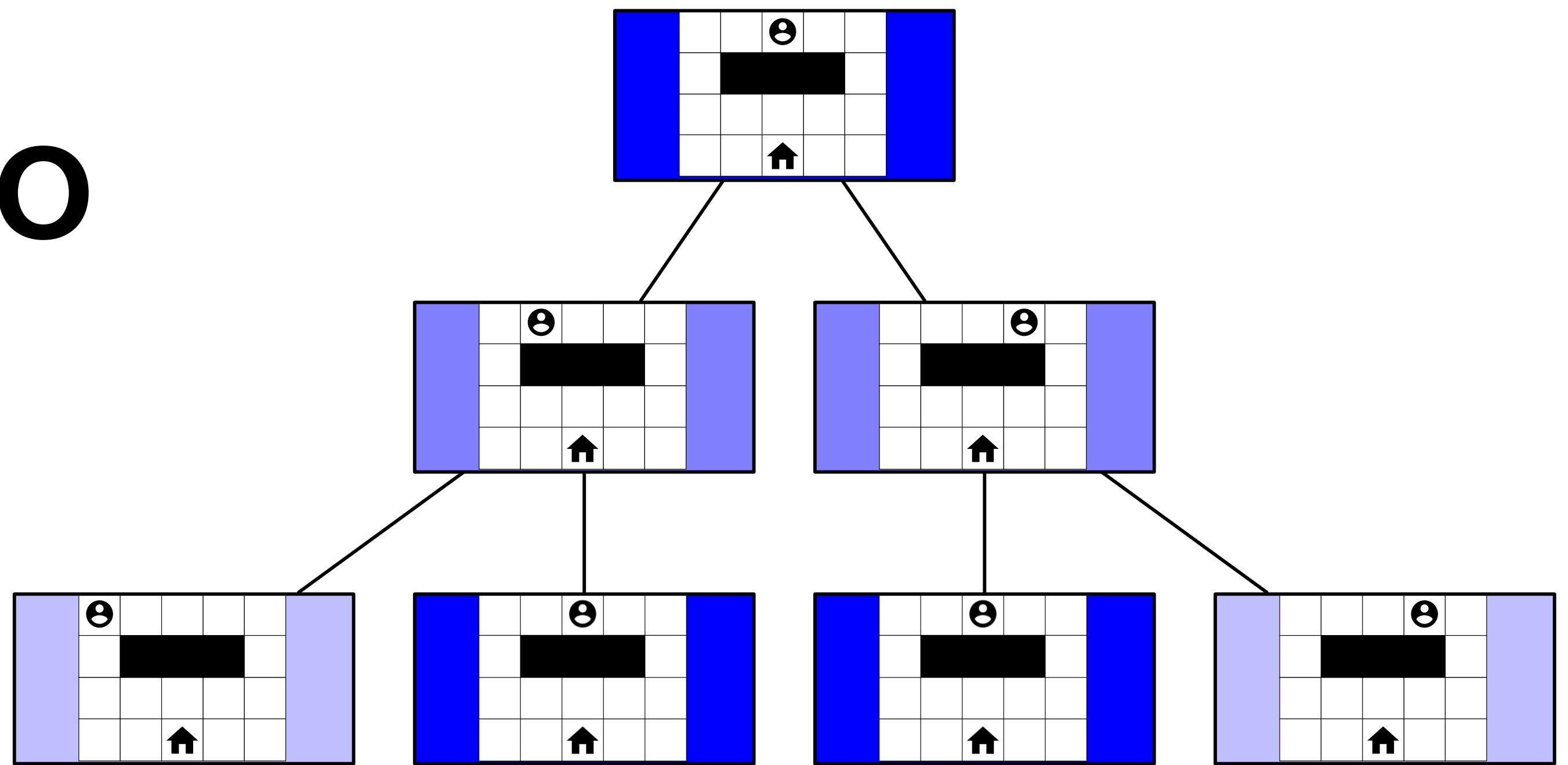
- Resolvedores tipicamente requerem uma representação de estados e vizinhos

Simulação

- Resolvedor usa função de transição
- Simulação de futuros possíveis

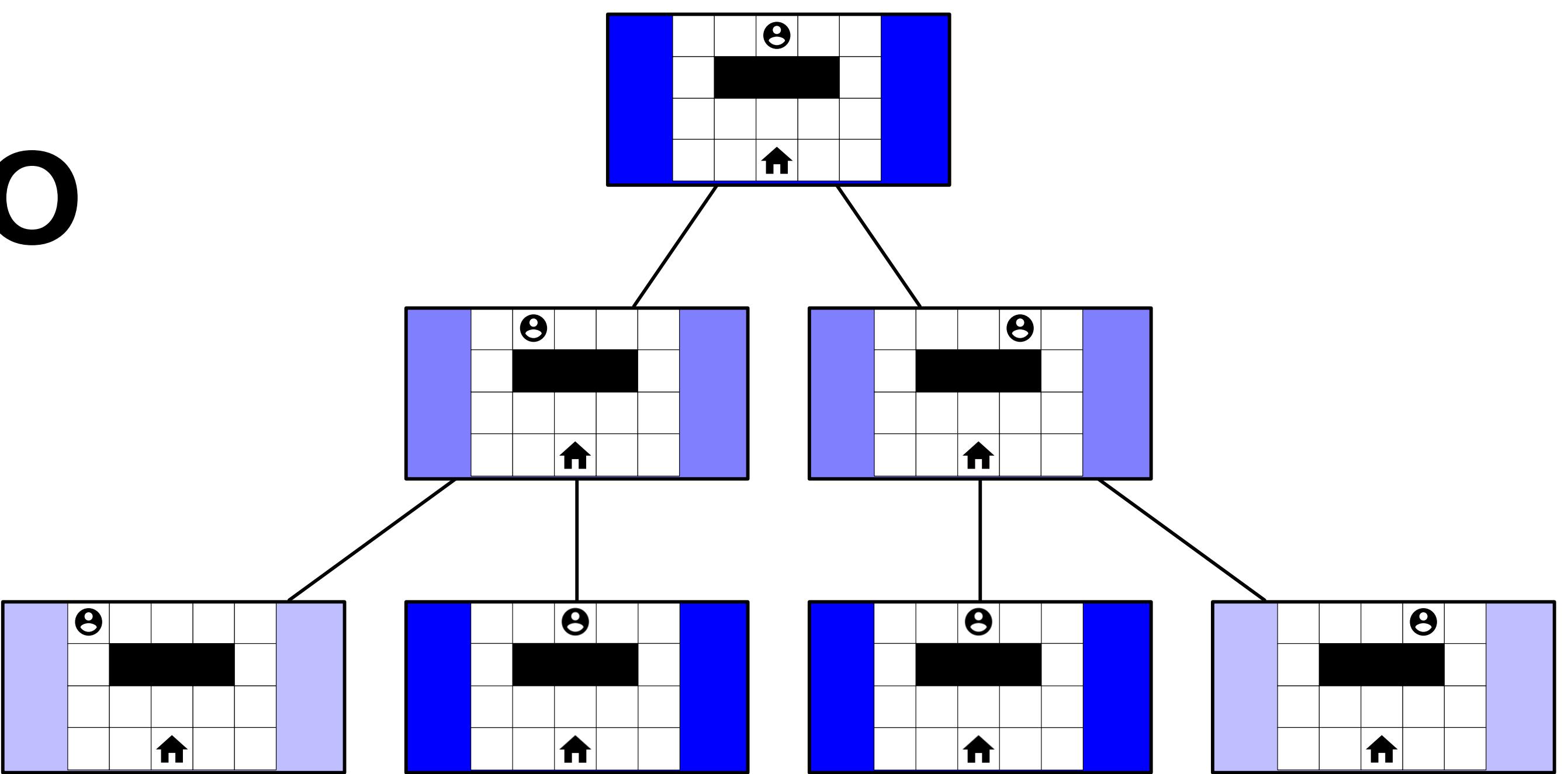


Exploração



- Resolvedor precisa decidir caminhos mais promissores

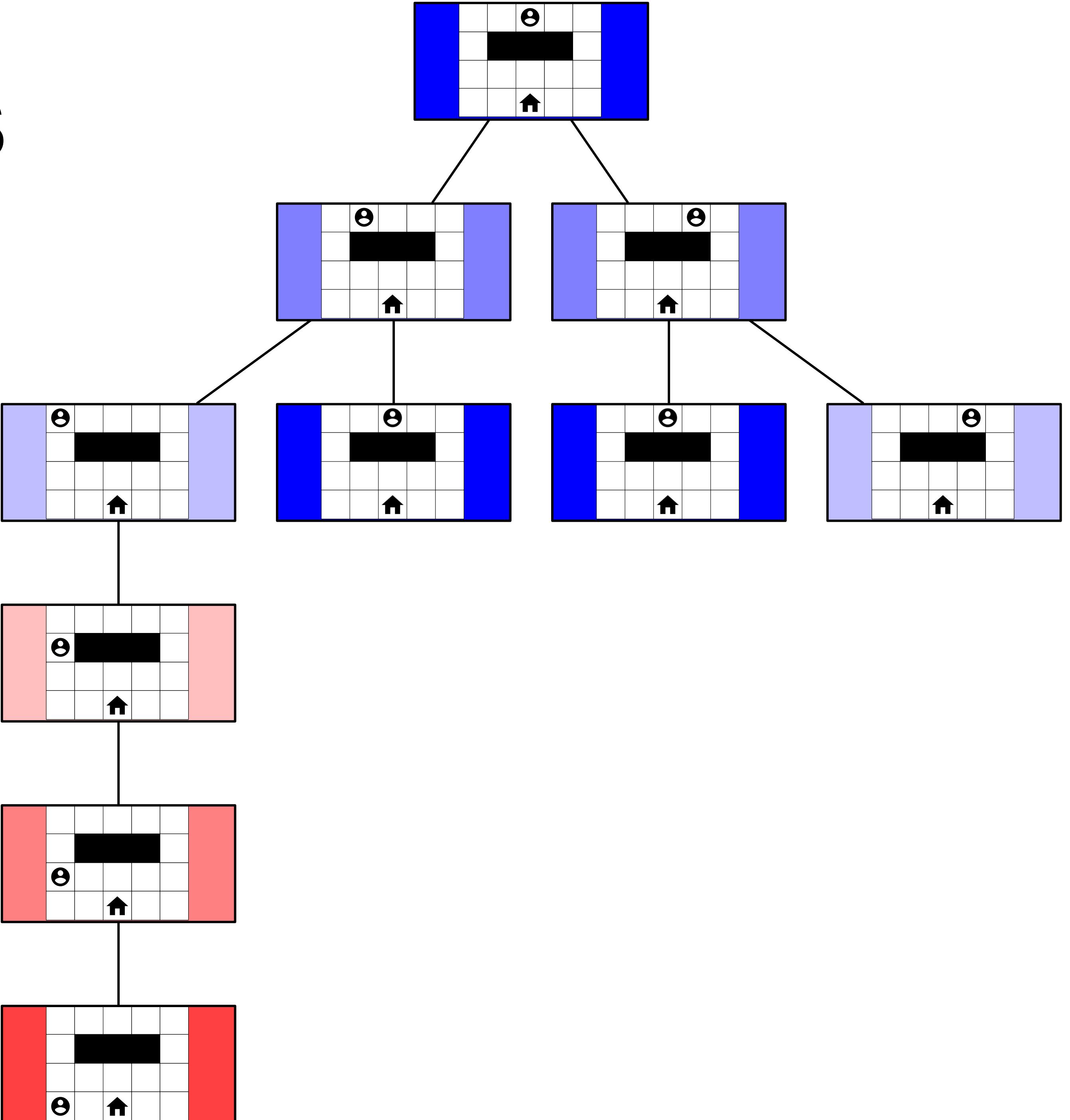
Exploração



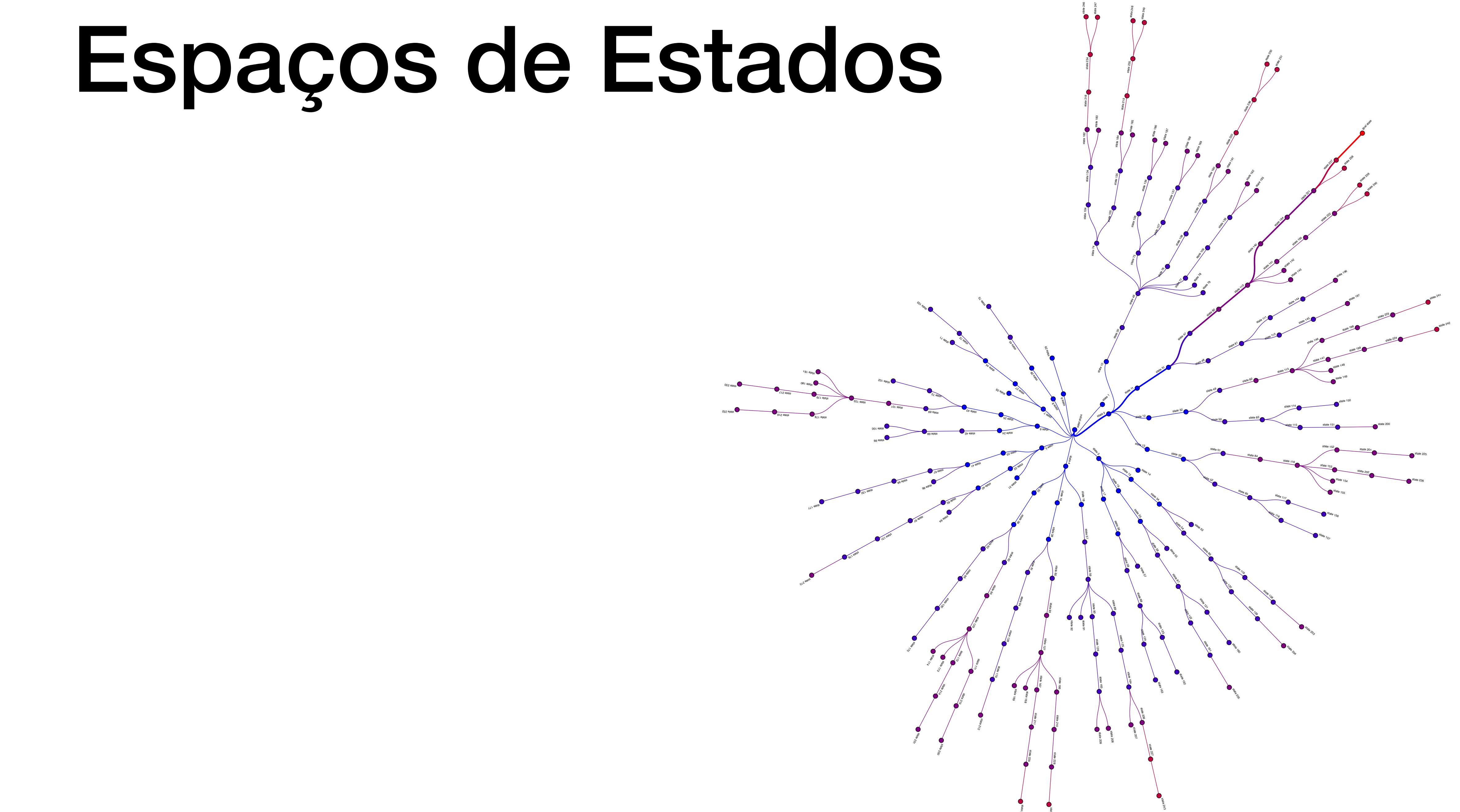
- Resolvedor precisa decidir caminhos mais promissores

Objetivos

- Resolvedores possuem um objetivo **bem definido**



Espaços de Estados



Aplicações de Raciocinadores

Busca

Raciocínio

Navegação

Planejamento
Automático

Escalonamento

Prova de
Teoremas

Robótica

Navegação
Autônoma

Otimização de
Processos

Geração de
Tarefas

Descoberta de
Conflitos

Raciocínio
Espacial

Planejamento
de Diálogos

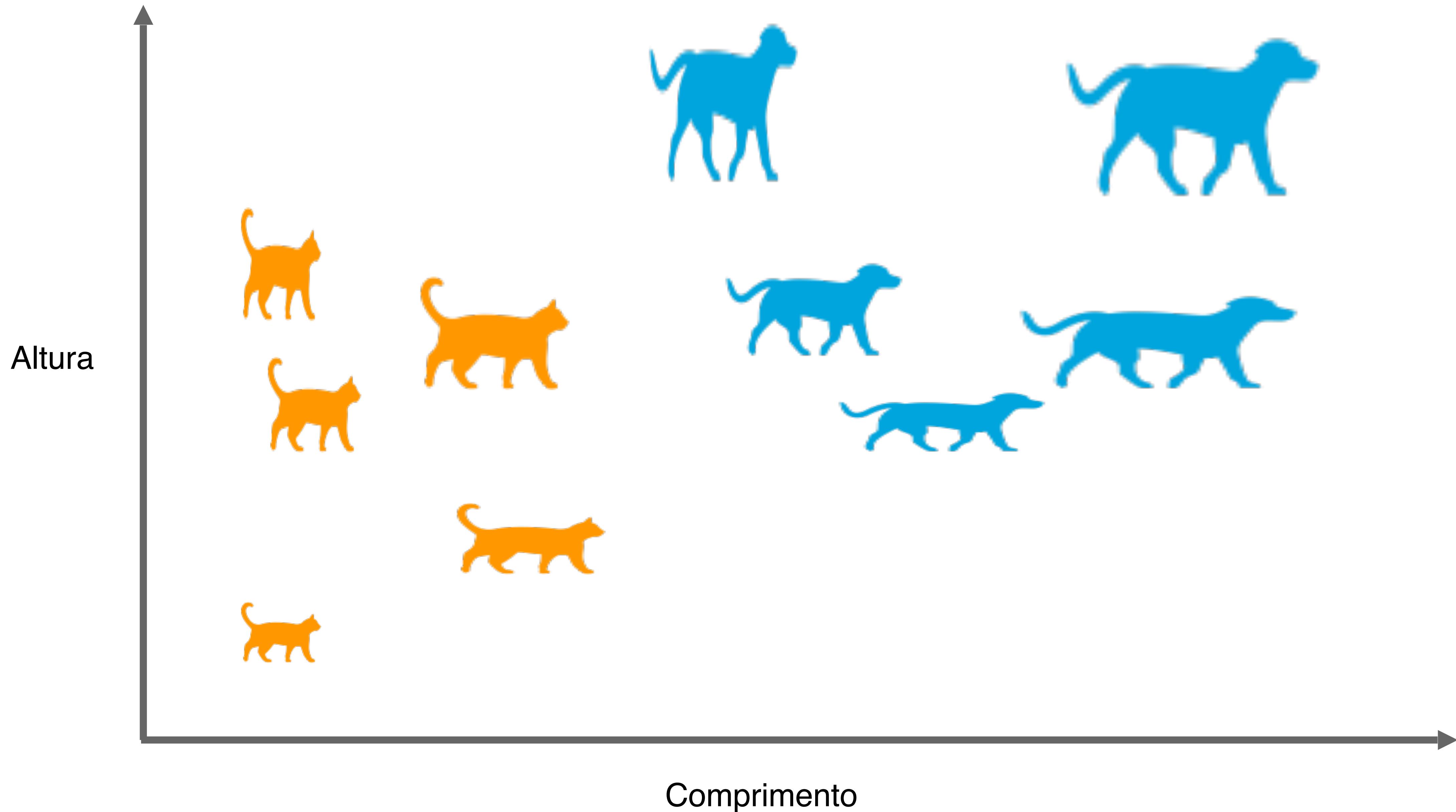
Planejamento
de Logística

Inferência

?

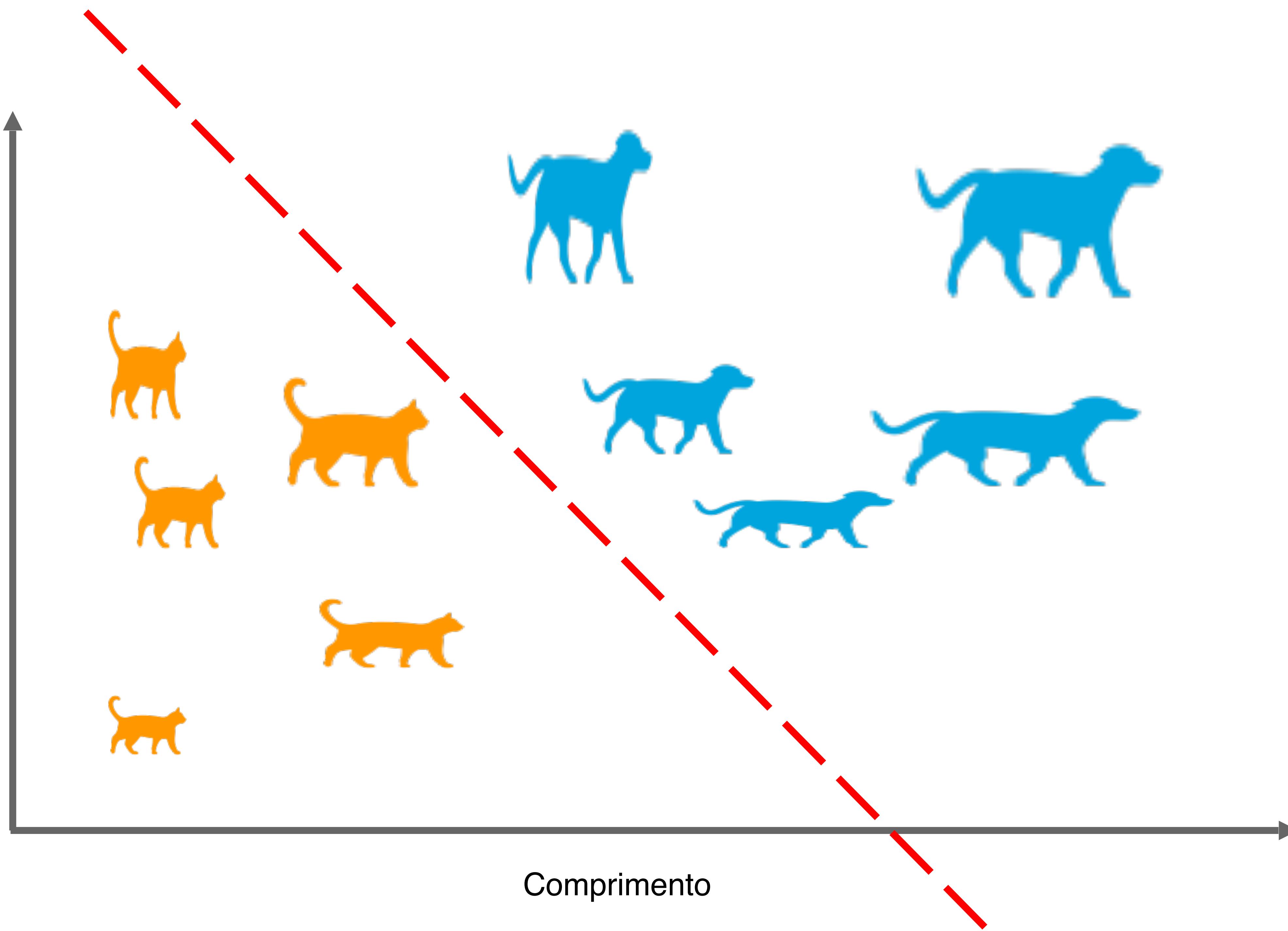
Interação
Humano-Robô

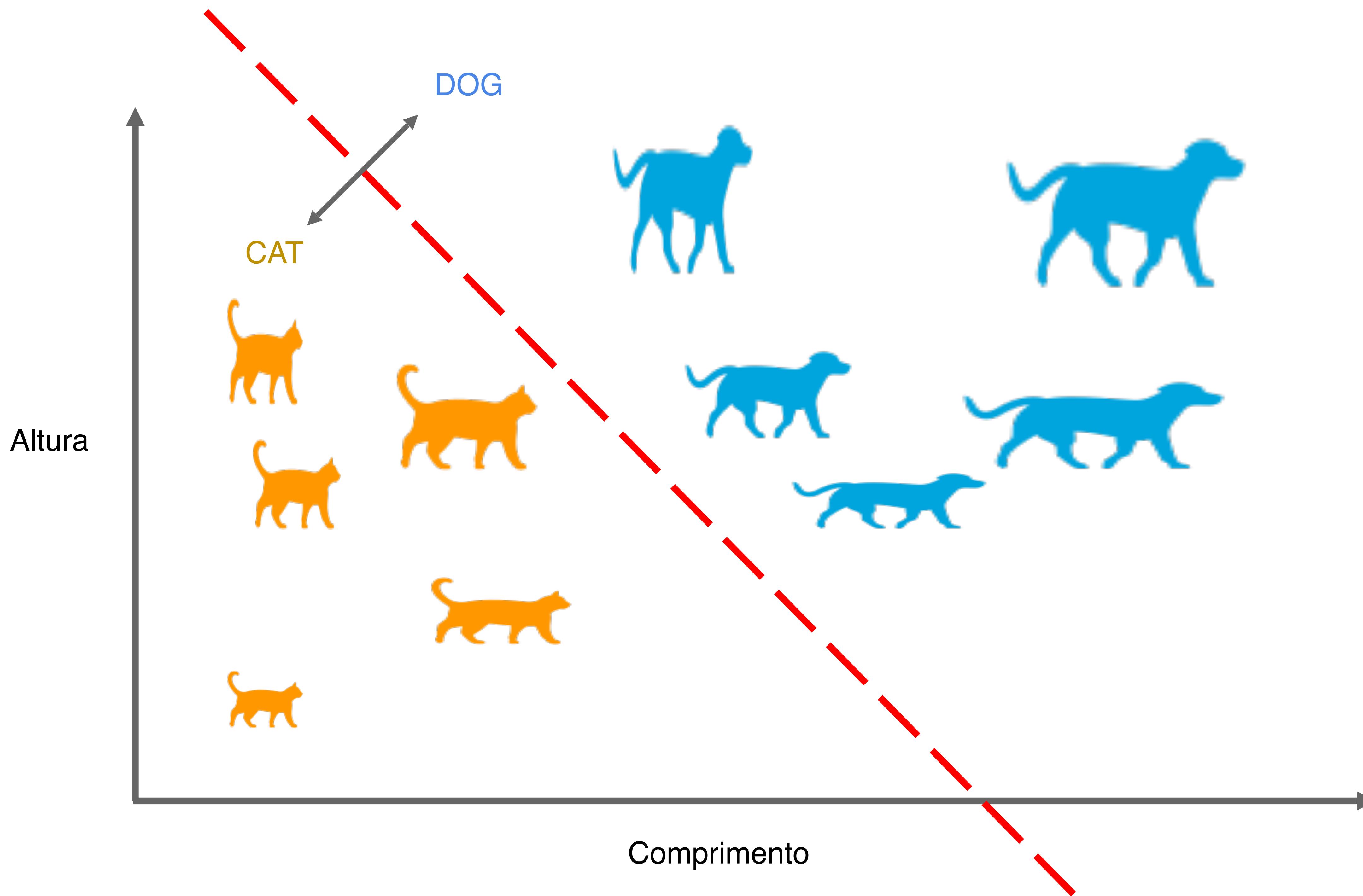
Aprendizado de Máquina em uma Casca de Noz

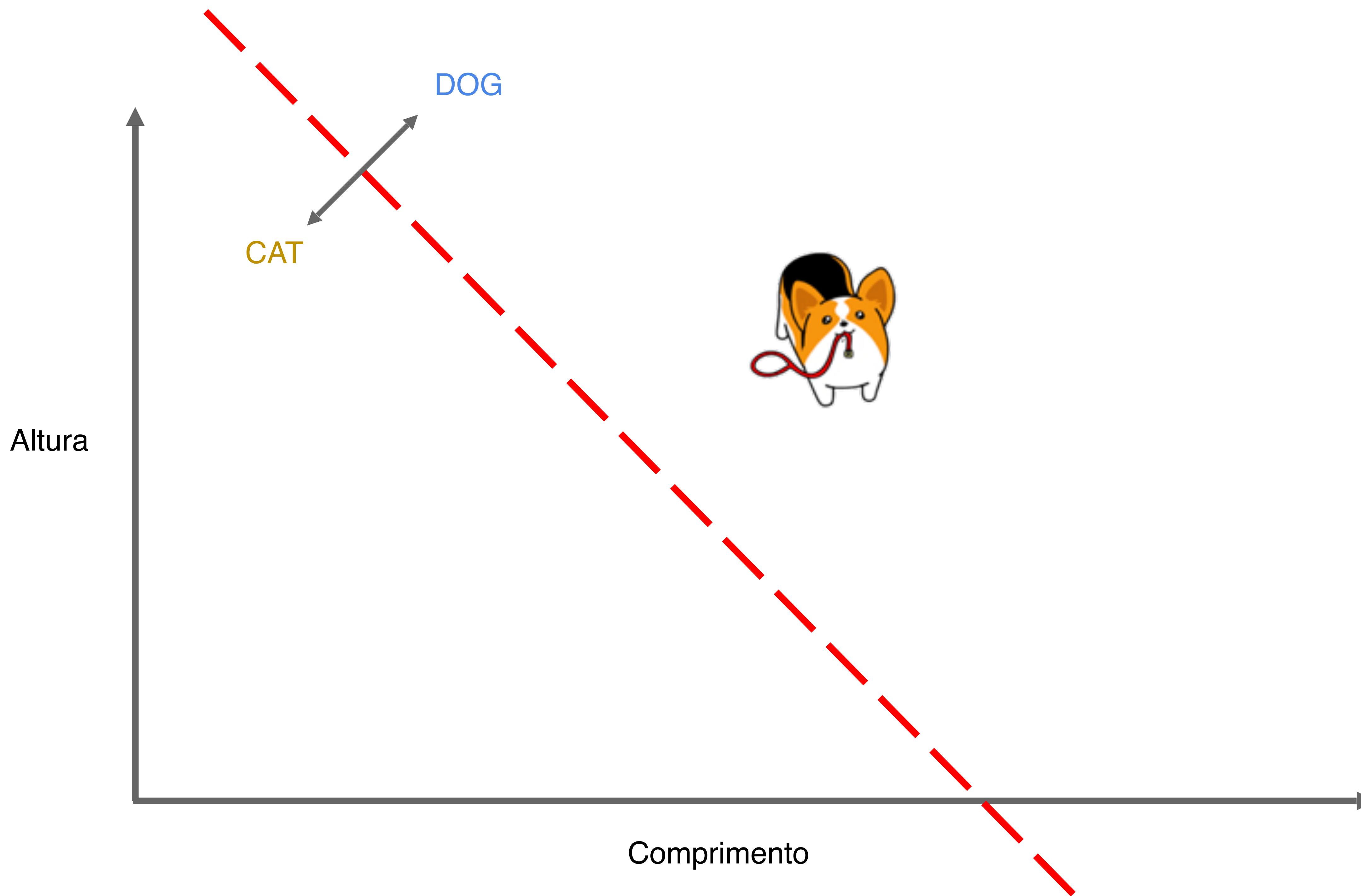


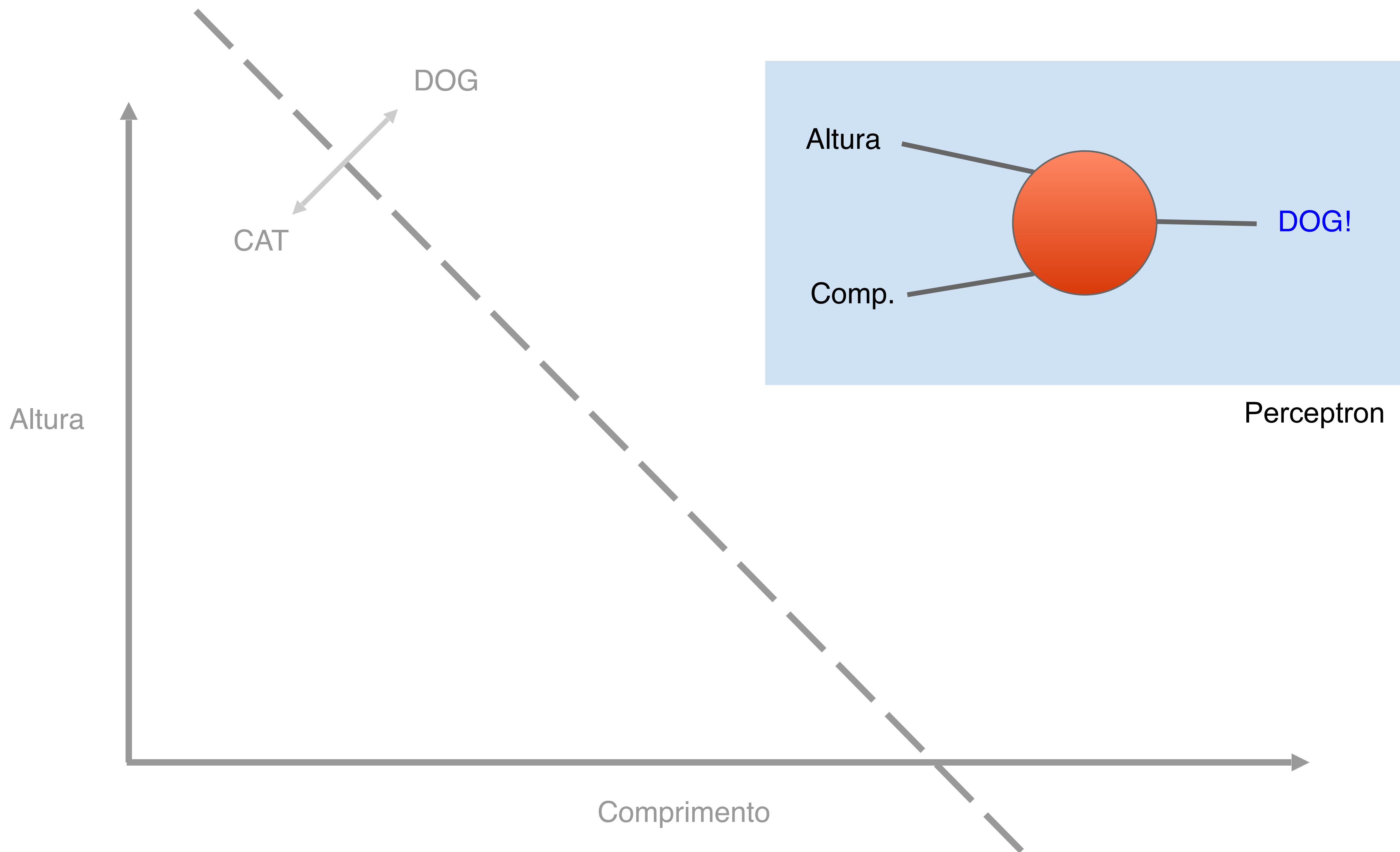
Altura

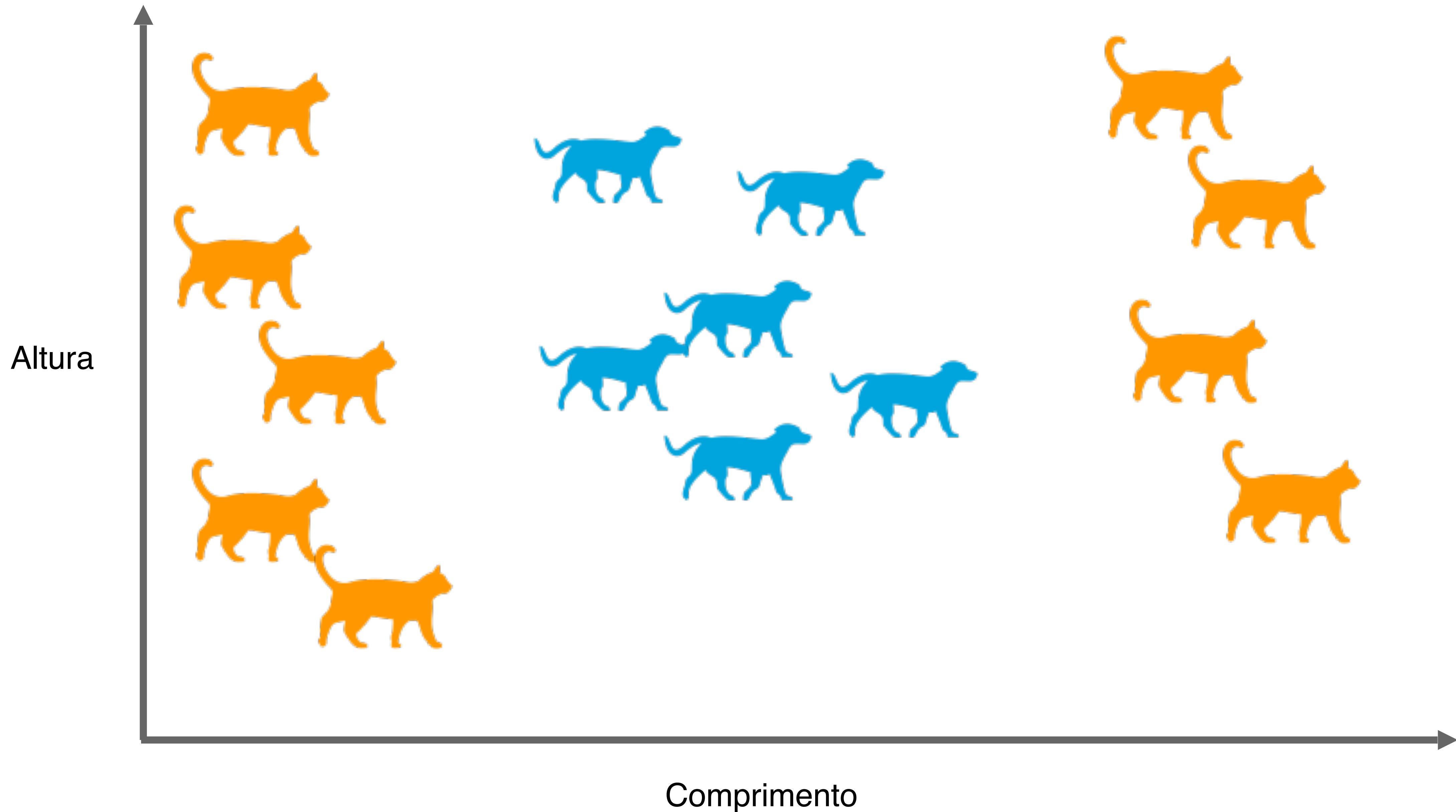
Comprimento



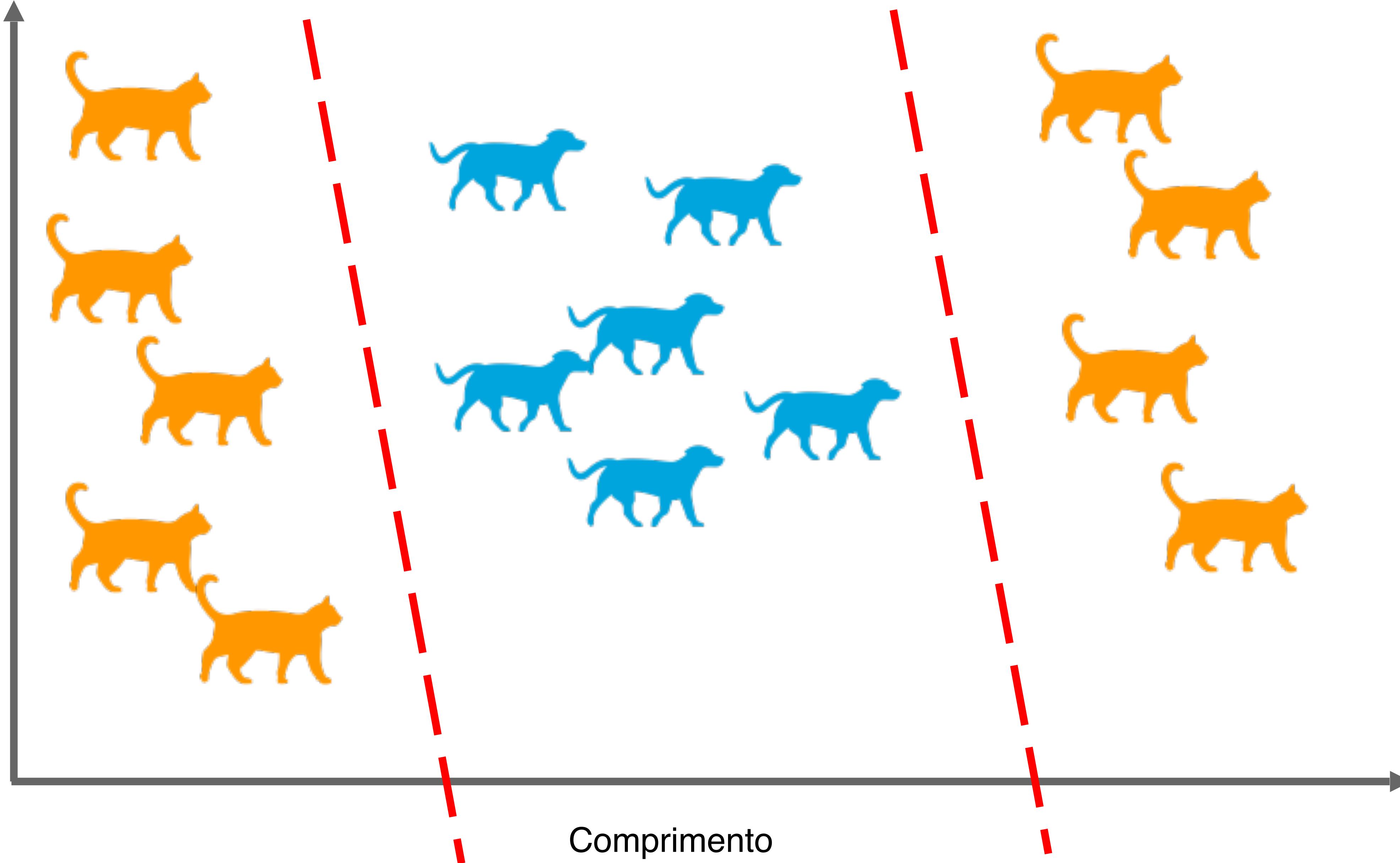




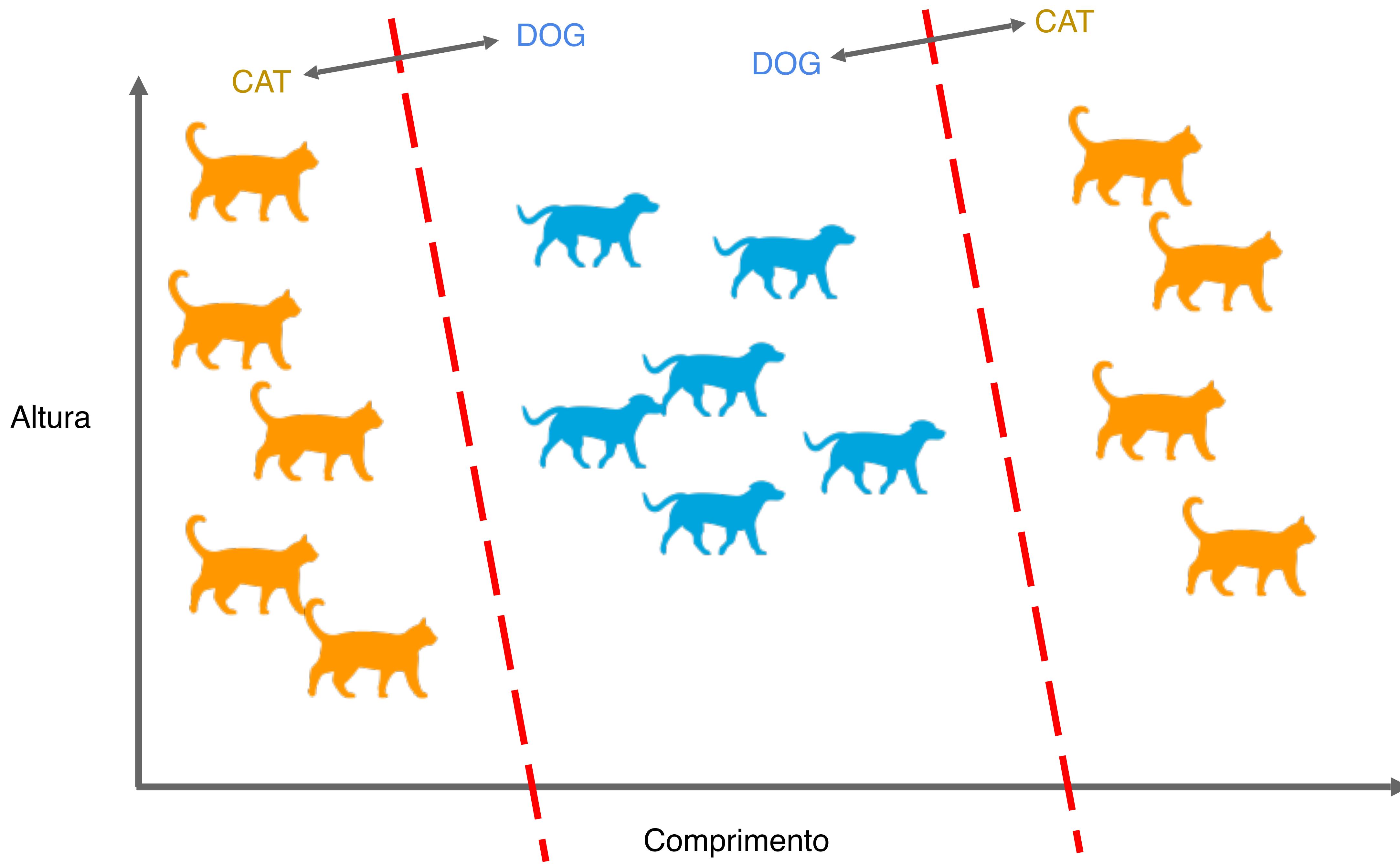


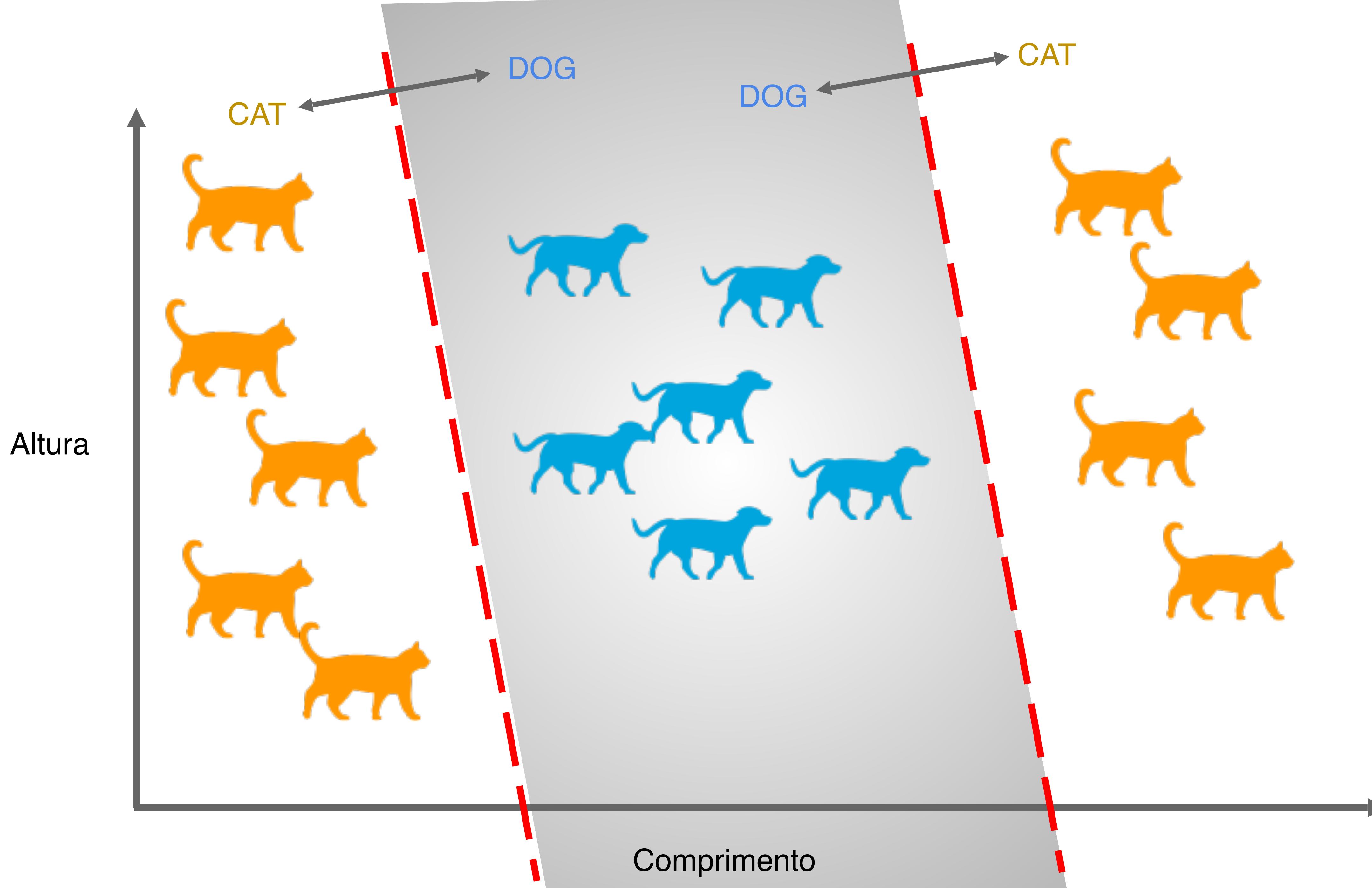


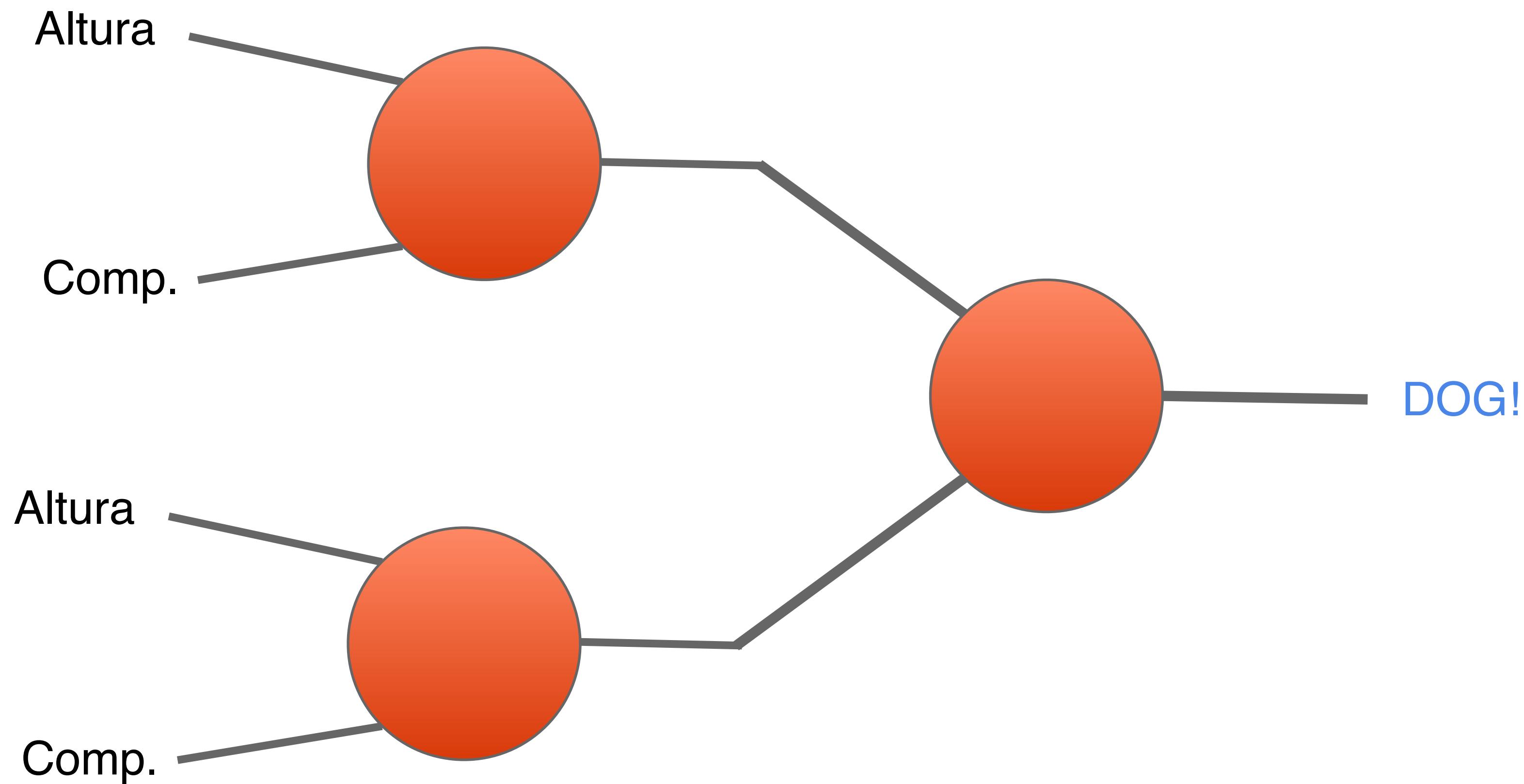
Altura



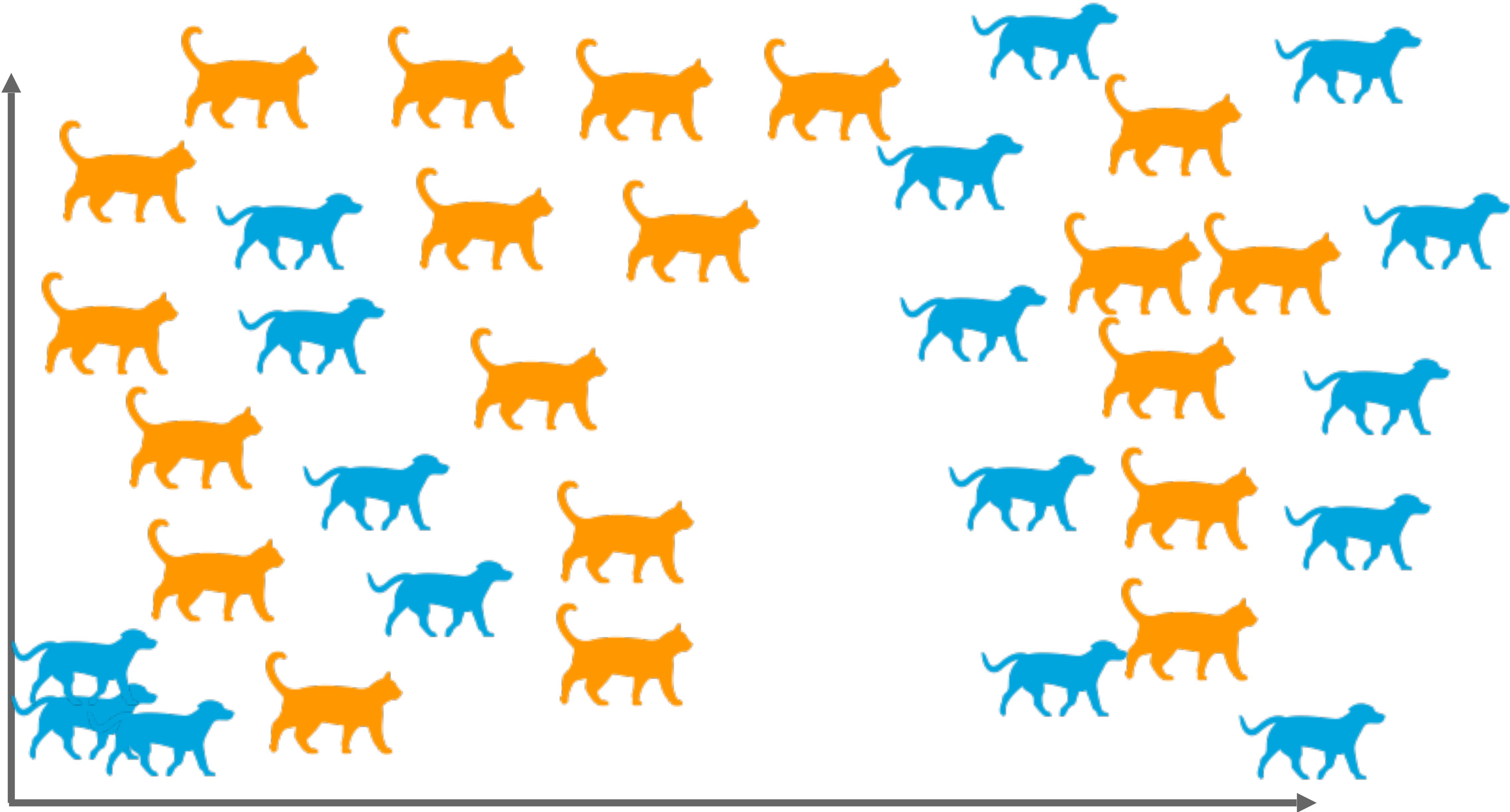
Comprimento



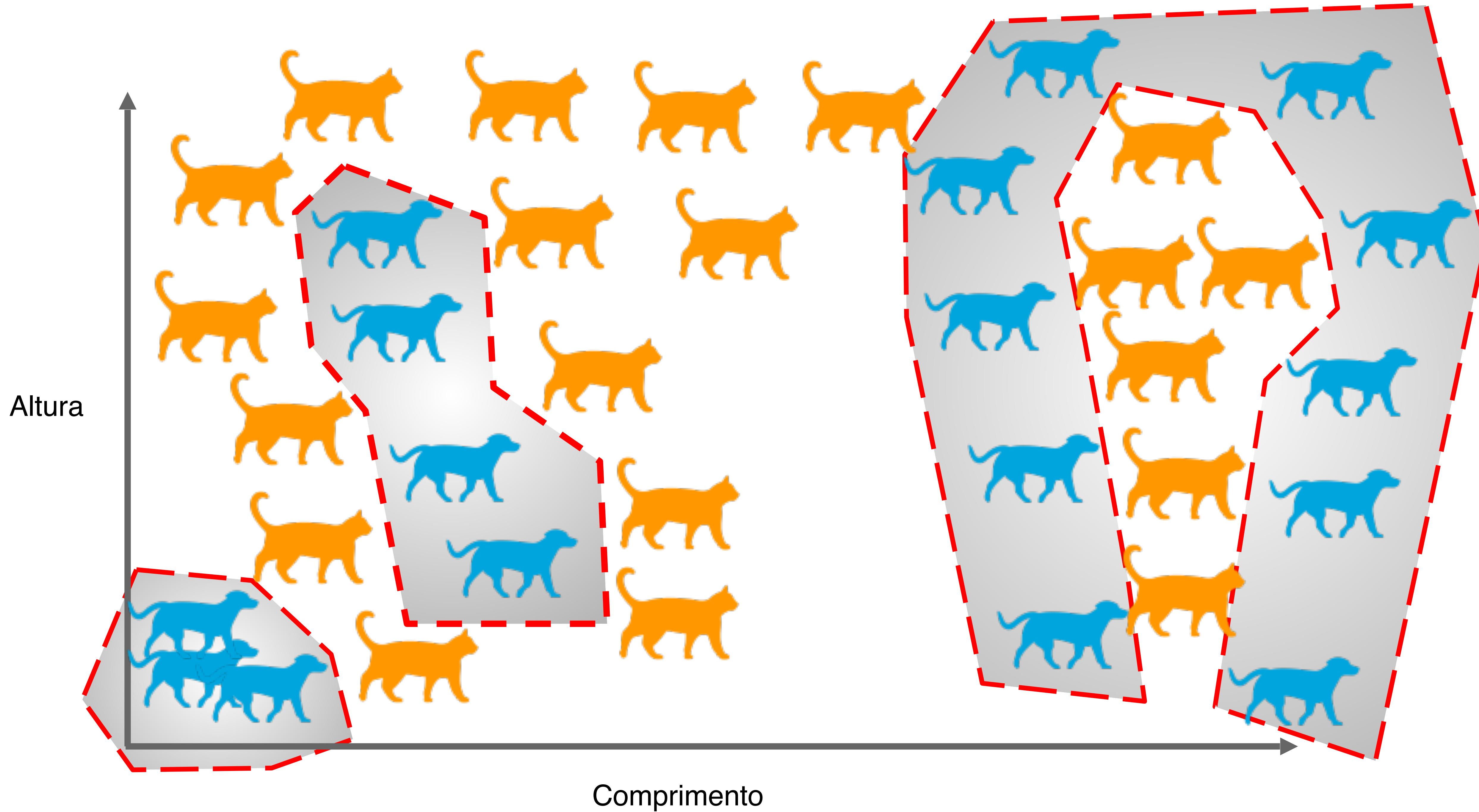


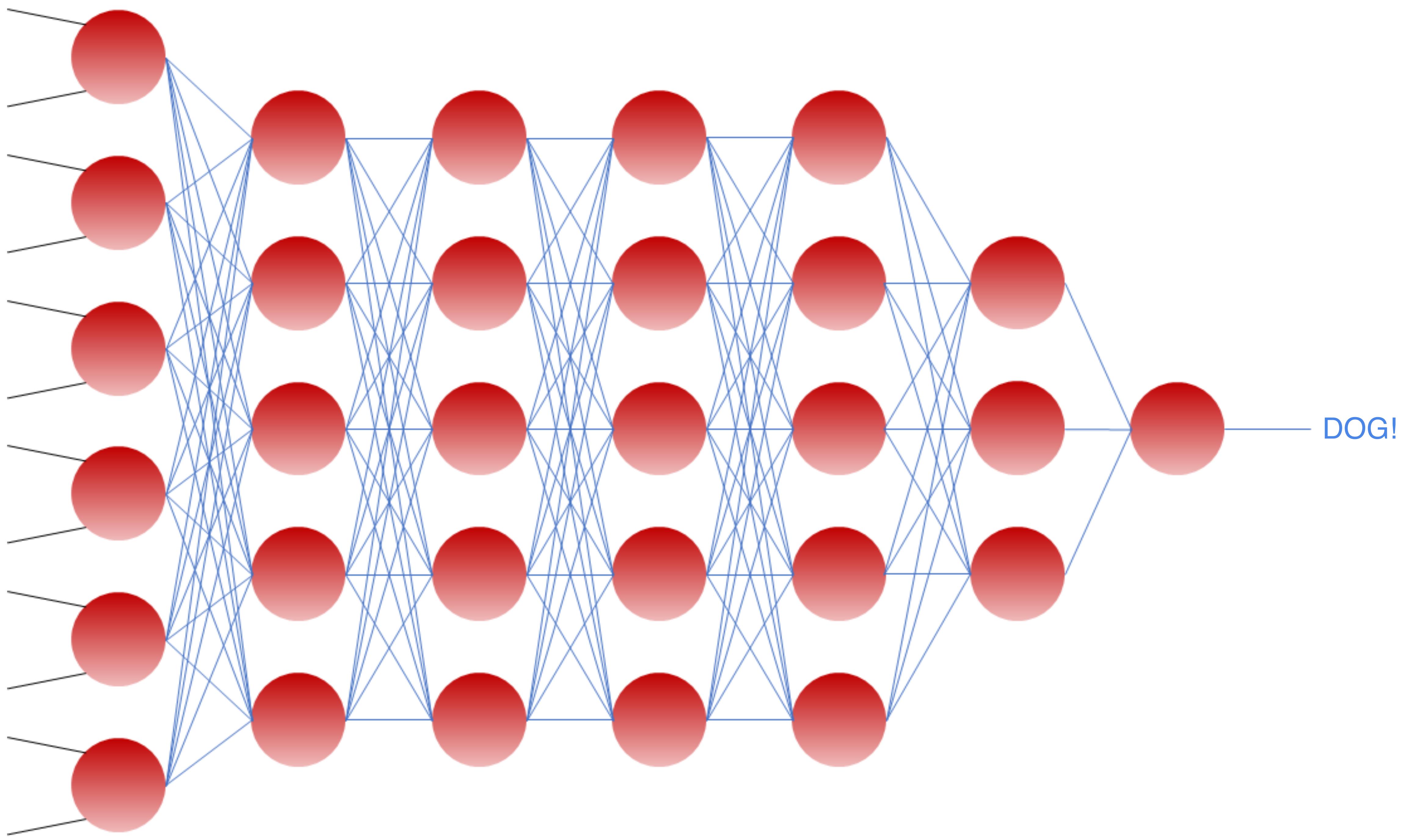


Altura



Comprimento





Aplicações de Aprendedores

VISÃO

Reconhecimento Facial

Diagnóstico por imagens

Reconhecimento de Objetos

Geração de arte

Digitalização de texto

Síntese de imagens

VOZ/SONS

Reconhecimento de voz natural

Síntese de voz

Reconhecimento de sons

Diagnóstico a partir de sons

Síntese de música

TEXTO

Síntese de texto

Análise de sentimento

Chat bots

Tradução

Sumarização de textos

Reconhecimento de autoria

Aplicações de IA na Saúde

Inferência de Interações Medicamentosas

- Objetivo: detectar diversas interações
- Tecnologia: Raciocinador e base de conhecimento

Drug Interaction Checker

cyclosporine diltiazem ER +

1 Interaction Found

Don't use together - 0
Serious - 0
Monitor closely - 1
Minor - 0

Monitor closely

- diltiazem oral + cyclosporine oral

Significant interaction possible (monitoring by your doctor required)

diltiazem oral will increase the level or effect of cyclosporine oral by altering drug metabolism

+ Add / - Remove Meds

Drug Interaction Checker

fluoxetine HCL linezolid +

1 Interaction Found

Don't use together - 1
Serious - 0
Monitor closely - 0
Minor - 0

Don't use together

- linezolid oral + fluoxetine oral

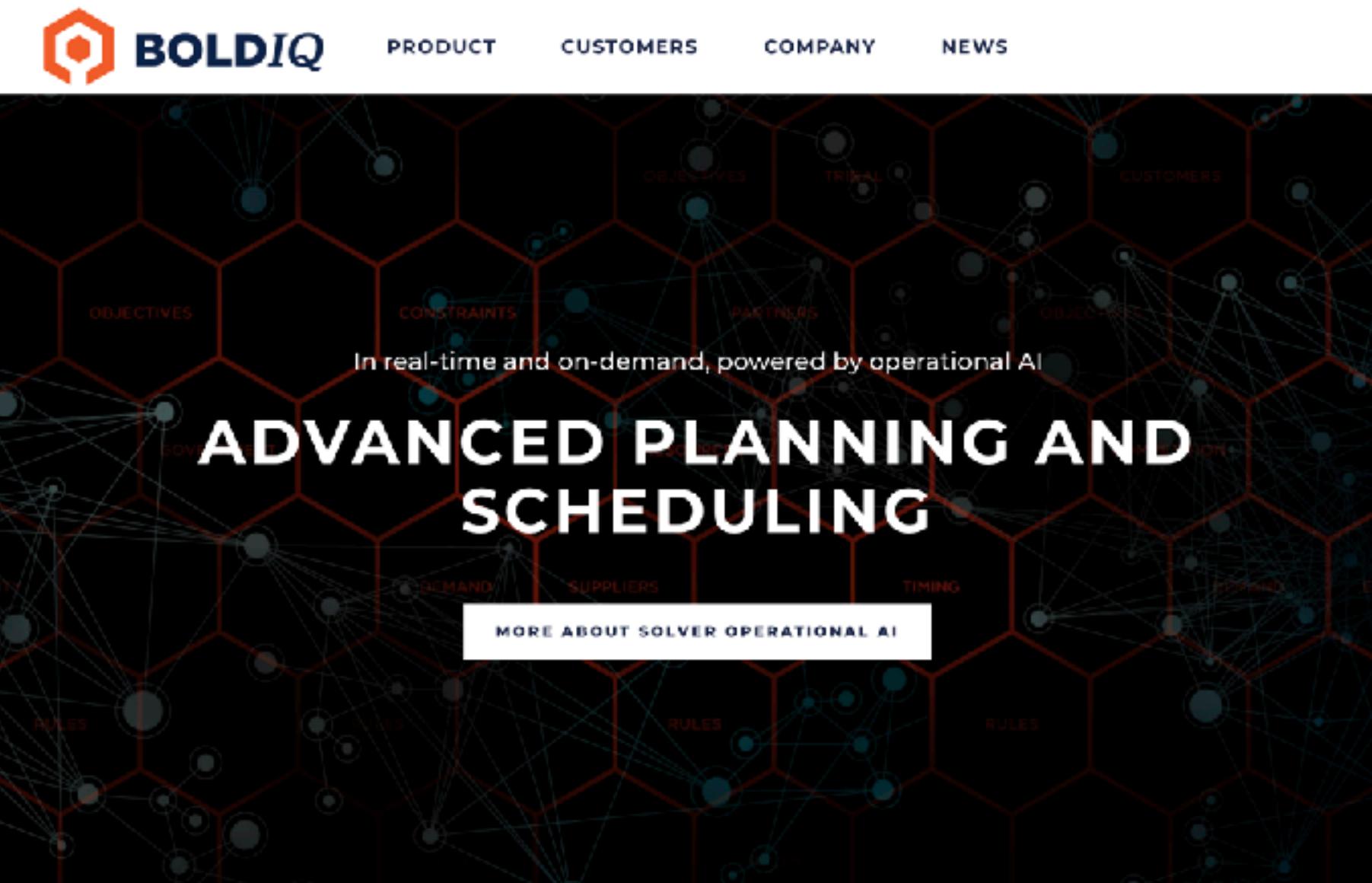
Never use this combination of drugs because of high risk for dangerous interaction

linezolid oral and fluoxetine oral both increase affecting serotonin levels in the blood. Too much serotonin is a potentially life-threatening situation. Severe signs and symptoms include high blood pressure and increased heart rate that lead to shock.

Additional Information: Linezolid may increase serotonin. If linezolid must be taken, your doctor will have you stop taking the serotonergic drug immediately and monitor you for central nervous system (CNS) toxicity. You can begin taking the other drug again 24 hours after last linezolid dose or after 5 weeks of monitoring, whichever comes first

Planejamento Cirúrgico

- Objetivo: escalonamento de blocos cirúrgicos e facilities
- Tecnologia: Planejamento Automático



Artificial Intelligence (AI) positively impacting increasing revenue and patient outcomes

Why Surgery is So Expensive

Published on August 9, 2019



Rick White

Business Development Manager at BoldIQ

1 article

+ Follow

The latest developments in operational AI mean advanced scheduling and planning in real time and on demand is becoming a key element in the delivery of

Diagnóstico/Anamnese



Search Mayo Clinic

Request a
Find a Doc
Find a Job
Give Now

PATIENT CARE & HEALTH INFO DEPARTMENTS & CENTERS RESEARCH EDUCATION FOR MEDICAL PROFESSIONALS

- Objetivo: licitar potenciais distúrbios através dos sintomas
- Tecnologia: Sistemas de Regras/ Especialistas, Aprendizado de Máquina

Symptoms **Symptom Checker**

About this Symptom Checker

Foot pain?
Headache? Sore throat? Skin rash?
Use the Symptom Checker to find out what's causing your symptom.



Adult Symptoms

Abdominal pain
Blood in stool
Chest pain
Constipation
Cough

Diarrhea
Difficulty swallowing
Dizziness
Eye discomfort and redness
Eye problems

Foot pain or ankle pain

Child Symptoms

Abdominal pain
Constipation
Cough
Diarrhea
Ear problems

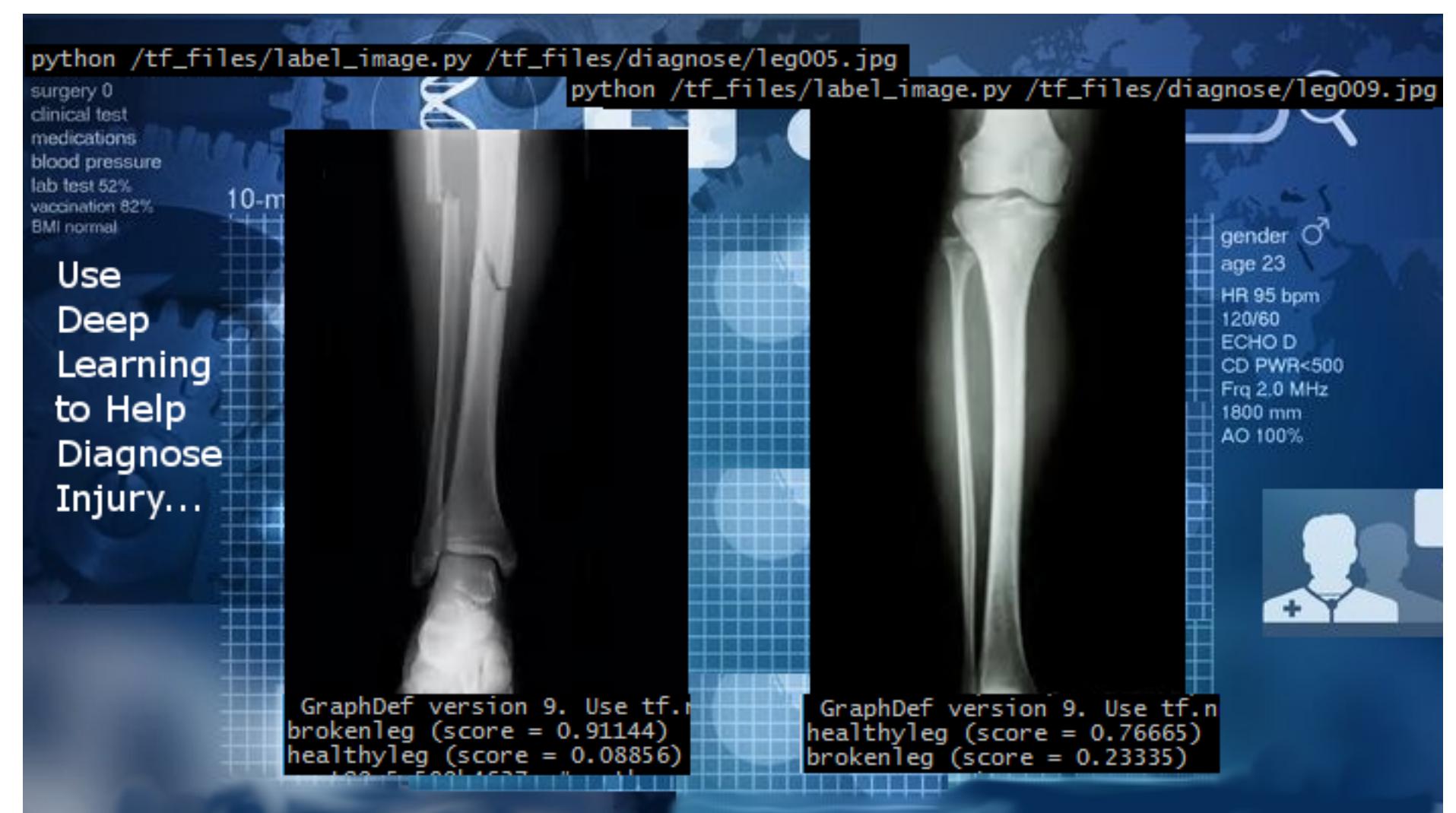
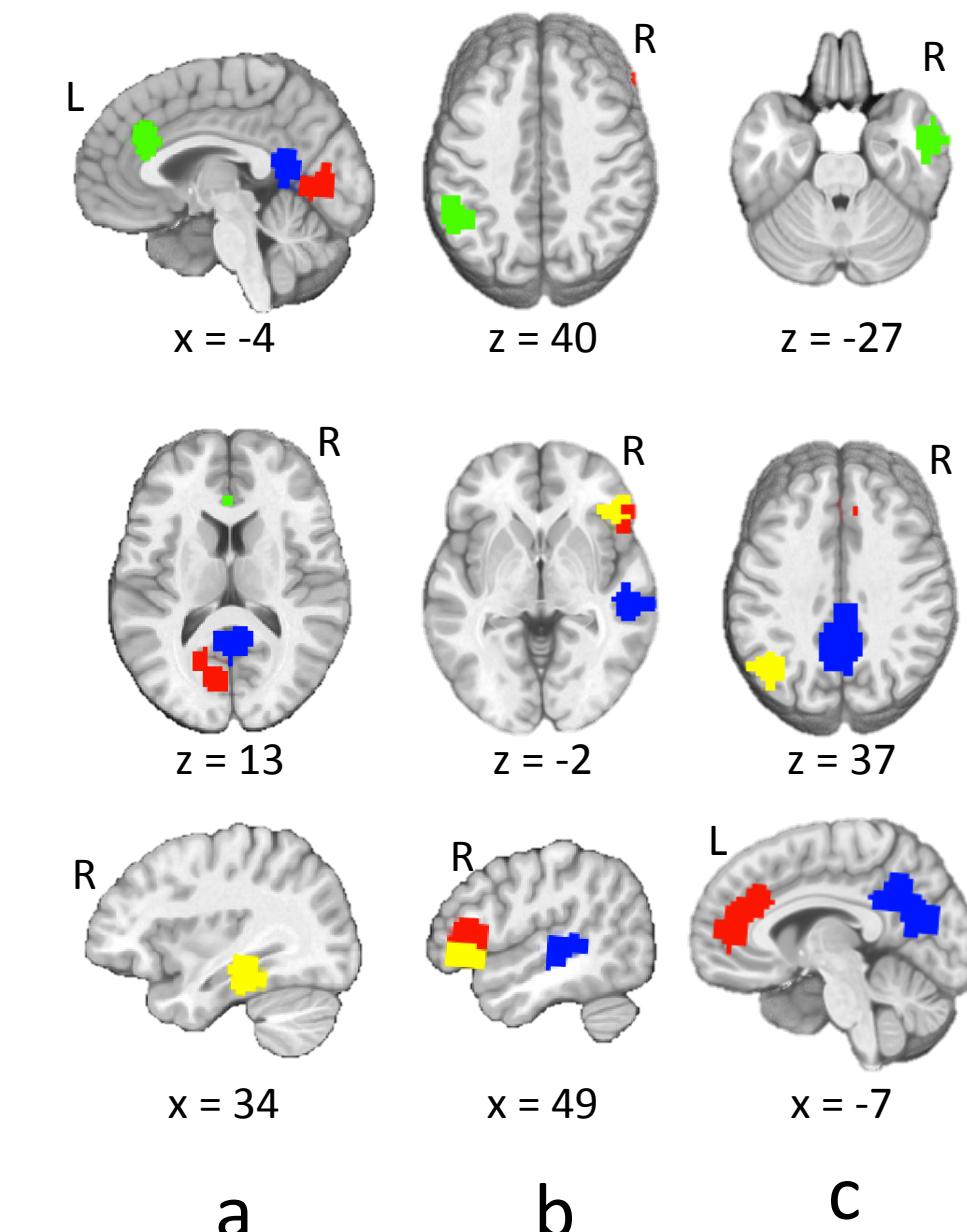
Earache
Eye discomfort and redness
Eye problems
Fever
Headaches

Joint pain or muscle pain

a menu

Diagnóstico por Imagens

- Objetivo: identificar distúrbios através de imagens médicas
- Tecnologia: aprendizado supervisionado



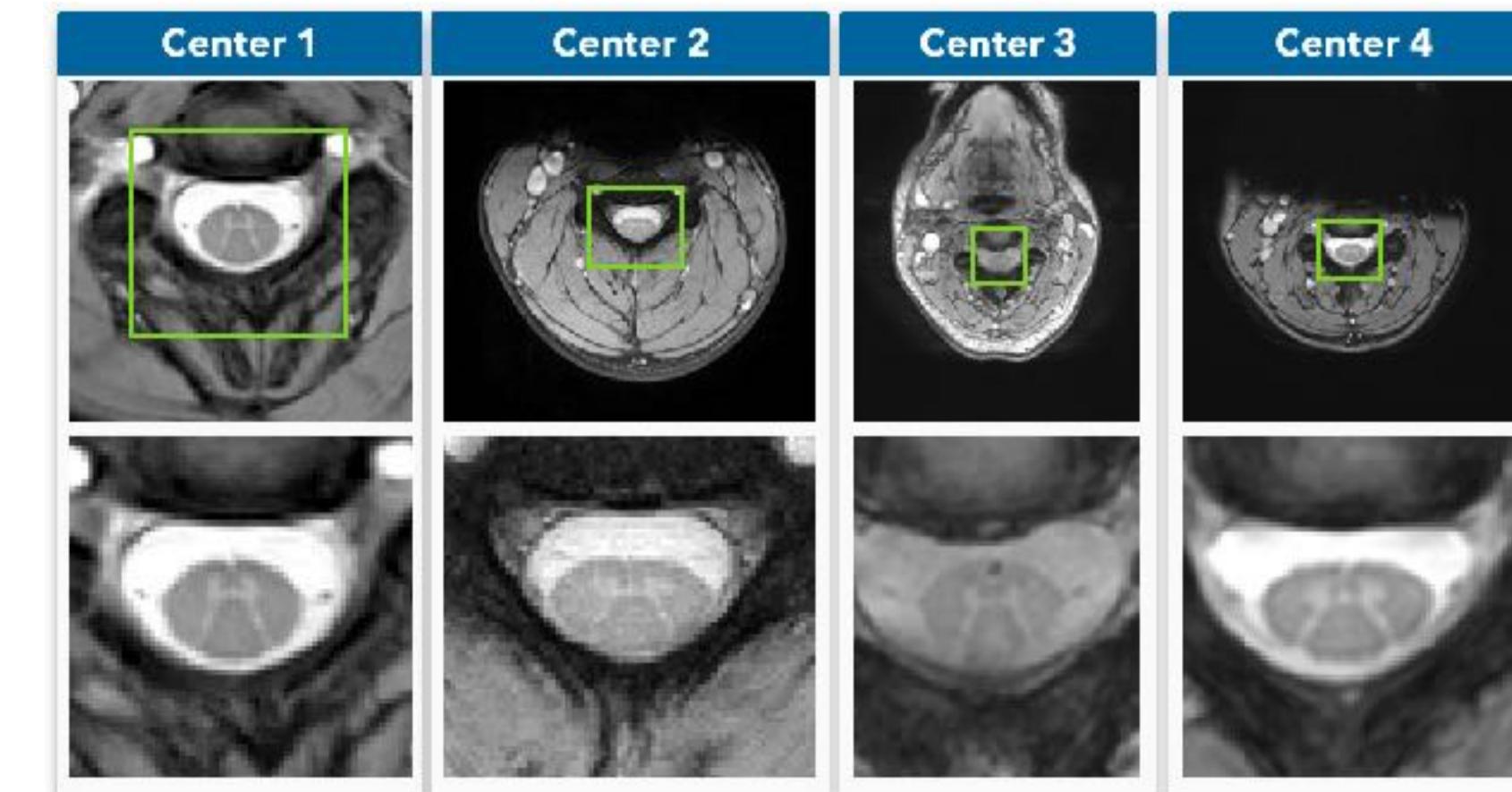
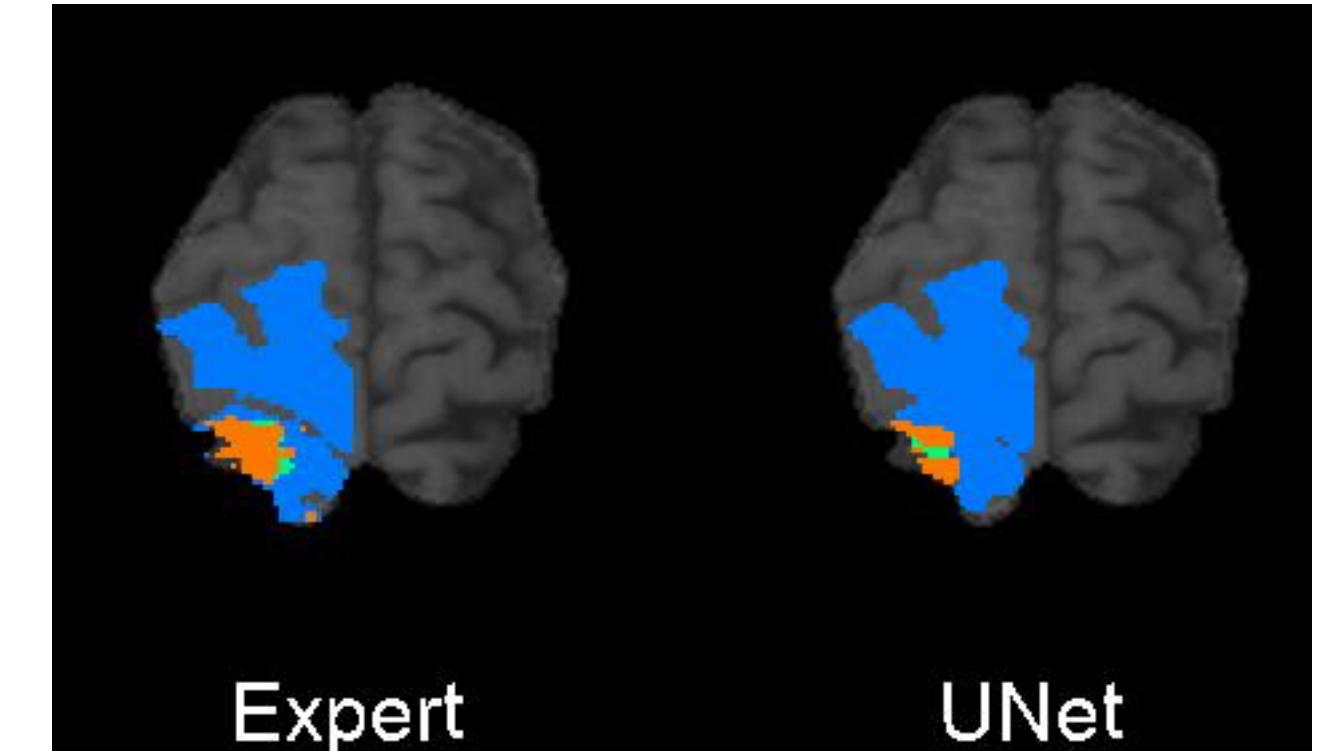
Diagnóstico por Imagens

- Exemplo típico: Diagnóstico de lesões de pele
 - Comparação:
 - Painel misto de humanos (especialistas, residentes e GPs)
 - Grande conjunto de algoritmos de aprendizado
 - Algoritmos acertam, em média, 2% mais diagnósticos do que um conjunto de humanos
 - Diferença menor quando os dados são atípicos



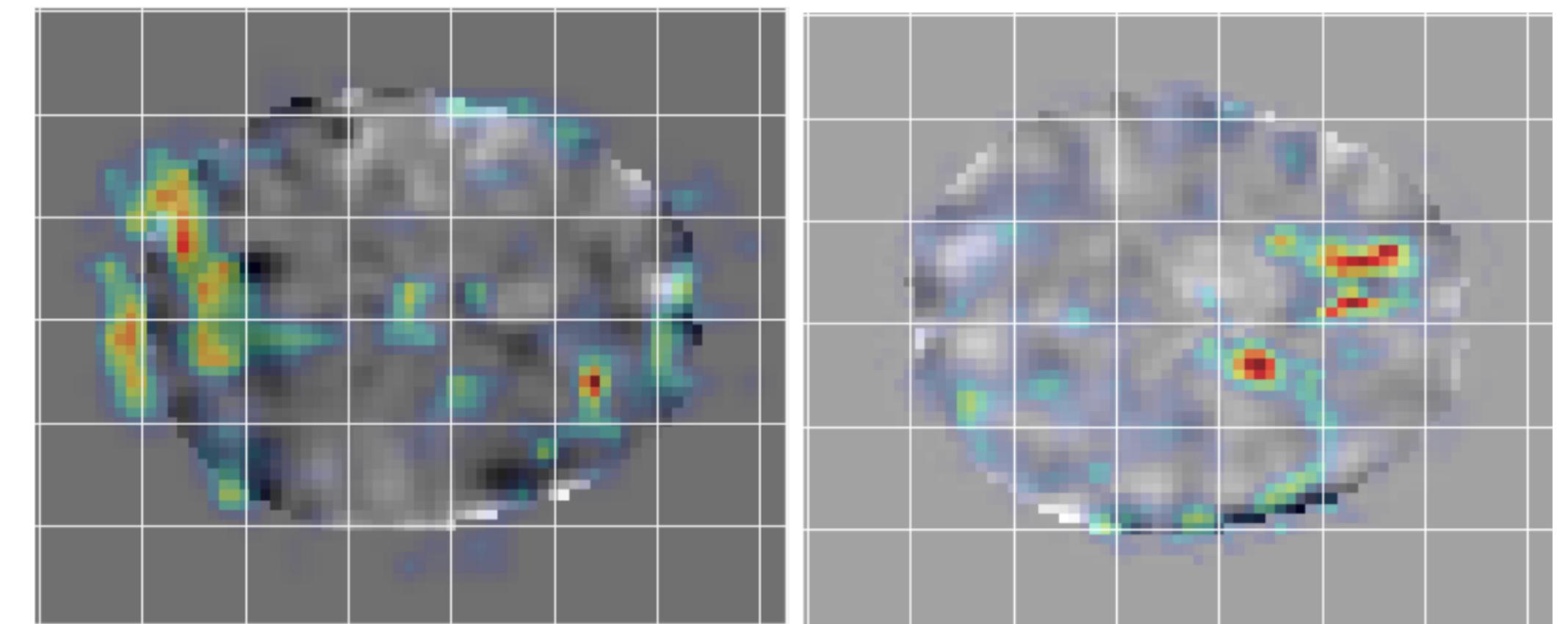
Segmentação de Imagens

- Objetivo: Segmentar áreas de imagens relacionadas a distúrbios
- Tecnologia: Aprendizado de Máquina Supervisionado/Semi-supervisionado



Explicação Visual de Fatores

- Objetivo: identificar áreas do cérebro relacionadas a um distúrbio (pesquisa em neurociência)
- Tecnologia: explicações visuais de redes neurais



(a) Class activation mapping for dyslexic participants classification (b) Class activation mapping for non-dyslexic participants classification.

Figure 4: Visual Explanation for Dyslexic vs Non-Dyslexic Participants.

Aplicações no Brasil

Prevenção de Sepsis

- Objetivo: detectar potencial de sepsis
- Tecnologia: aprendizado supervisionado



Escalonamento de Trabalho

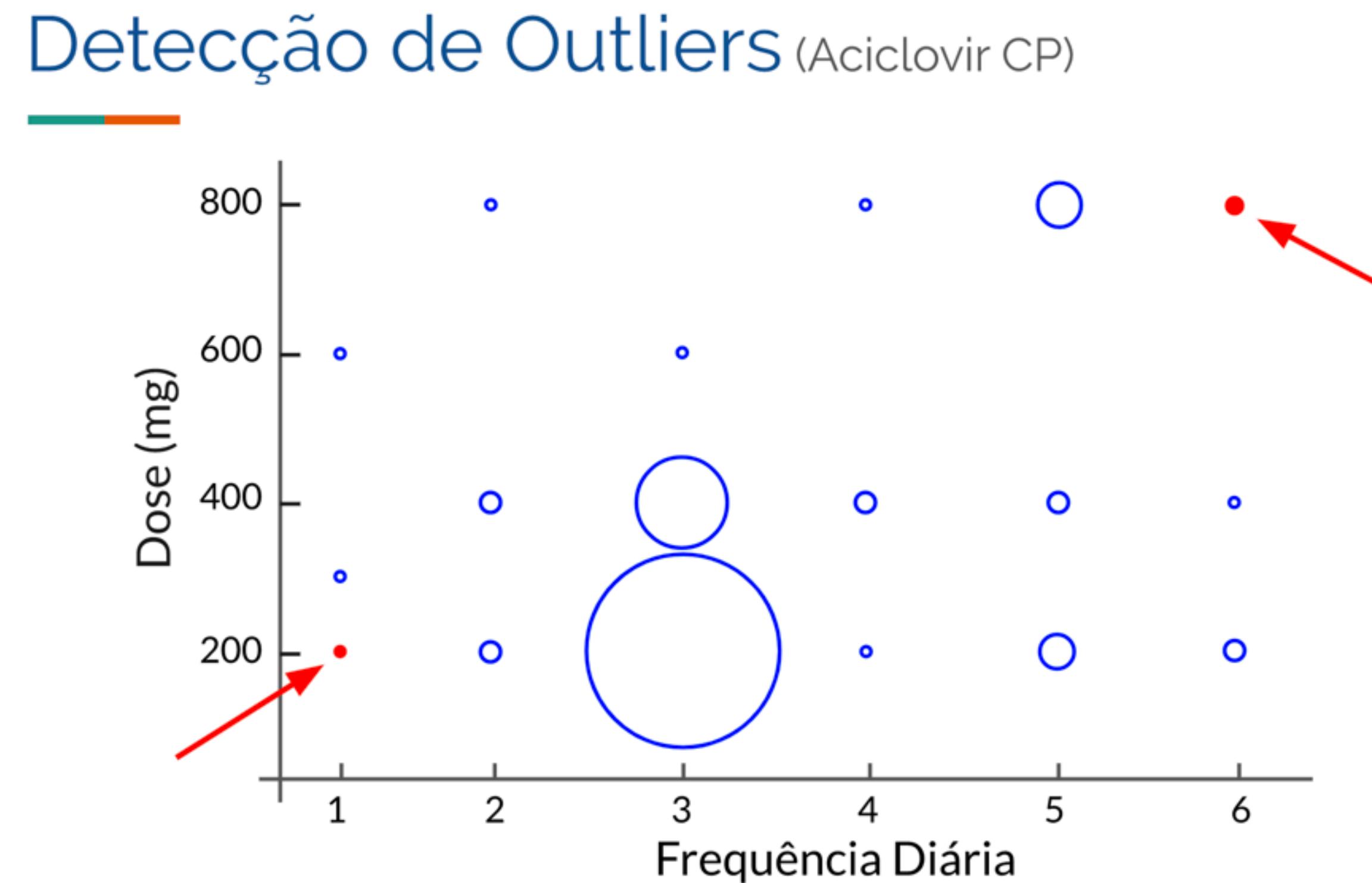
- Objetivo: otimizar escalas de trabalho hospitalares
- Tecnologia: otimização local



A StarGrid é uma plataforma de gestão automática de escalas de trabalho que acaba de vez com a informalidade deste processo.

Prevenção de Dosagens Erradas

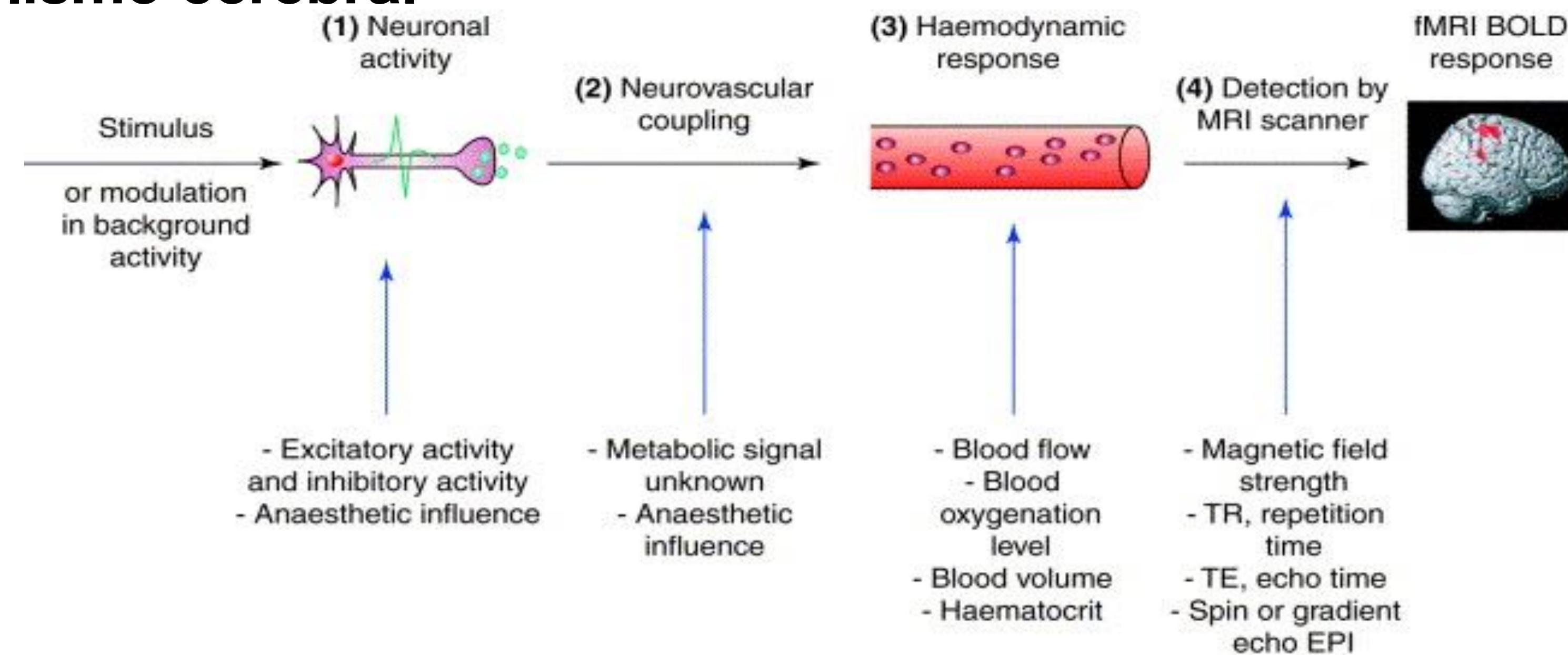
- Objetivo: prevenção de erros de dosagem
- Tecnologia: aprendizado supervisionado / detecção de outliers



Explicação Visual de Features

Ressonância Magnética Funcional

- Ressonância Magnética Funcional (functional Magnetic Resonance Imaging, ou fMRI)
 - Técnica **não invasiva** de imageamento que obtém imagens em **três dimensões**
 - Mostra mudanças regionais ao longo do tempo nas **mudanças de metabolismo cerebral**



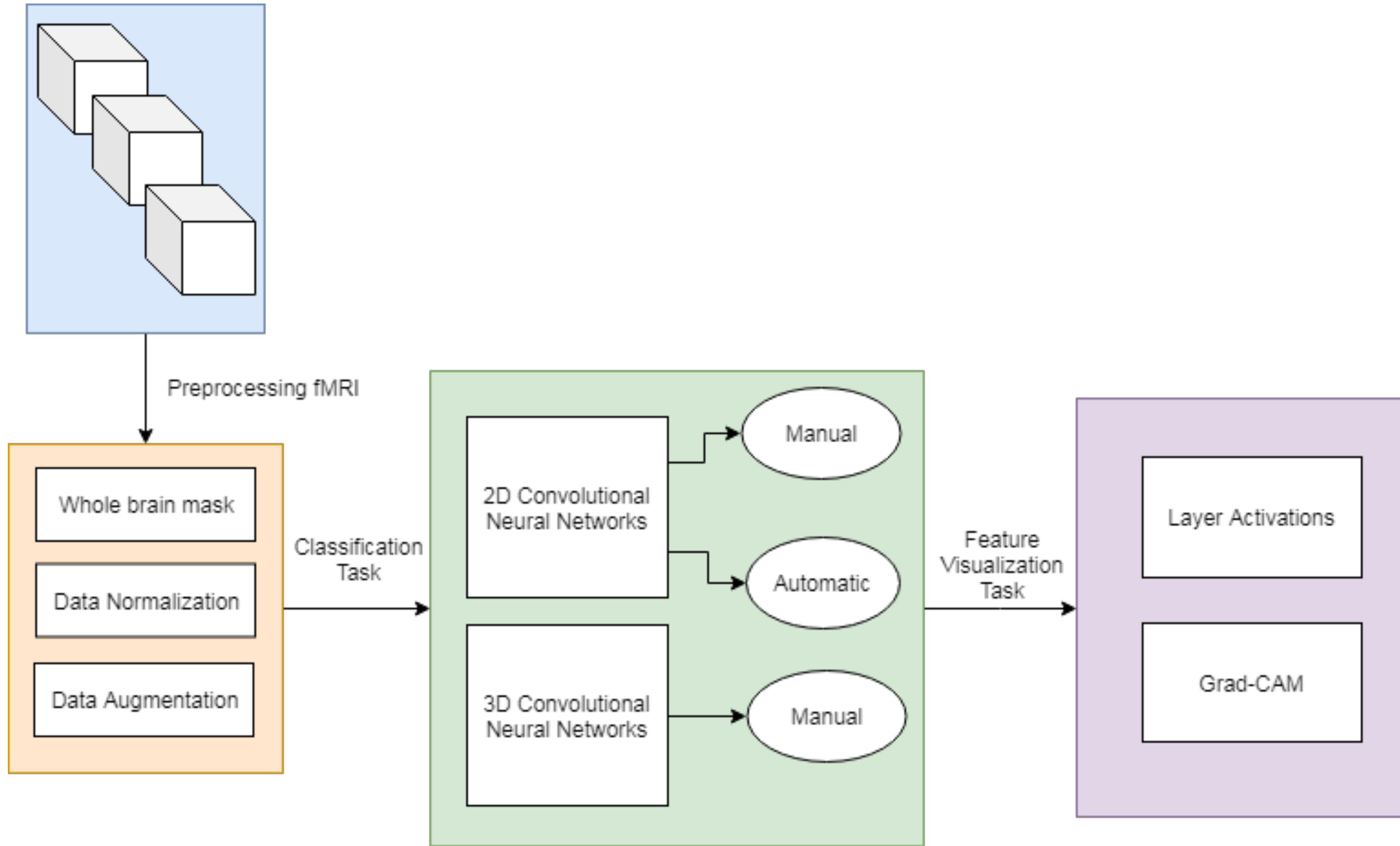
Ressonância Magnética Funcional (2)

- Diferente de Ressonância Magnética Estrutural
Não mostra, diretamente, tecidos no cérebro
- Diversos tipos de fMRI:
 - Resting state: sujeito é instruído a relaxar e não pensar em nada específico
 - Task-based: sujeito é instruído a realizar alguma tarefa, submetido a estímulos controlados, com ou sem interação

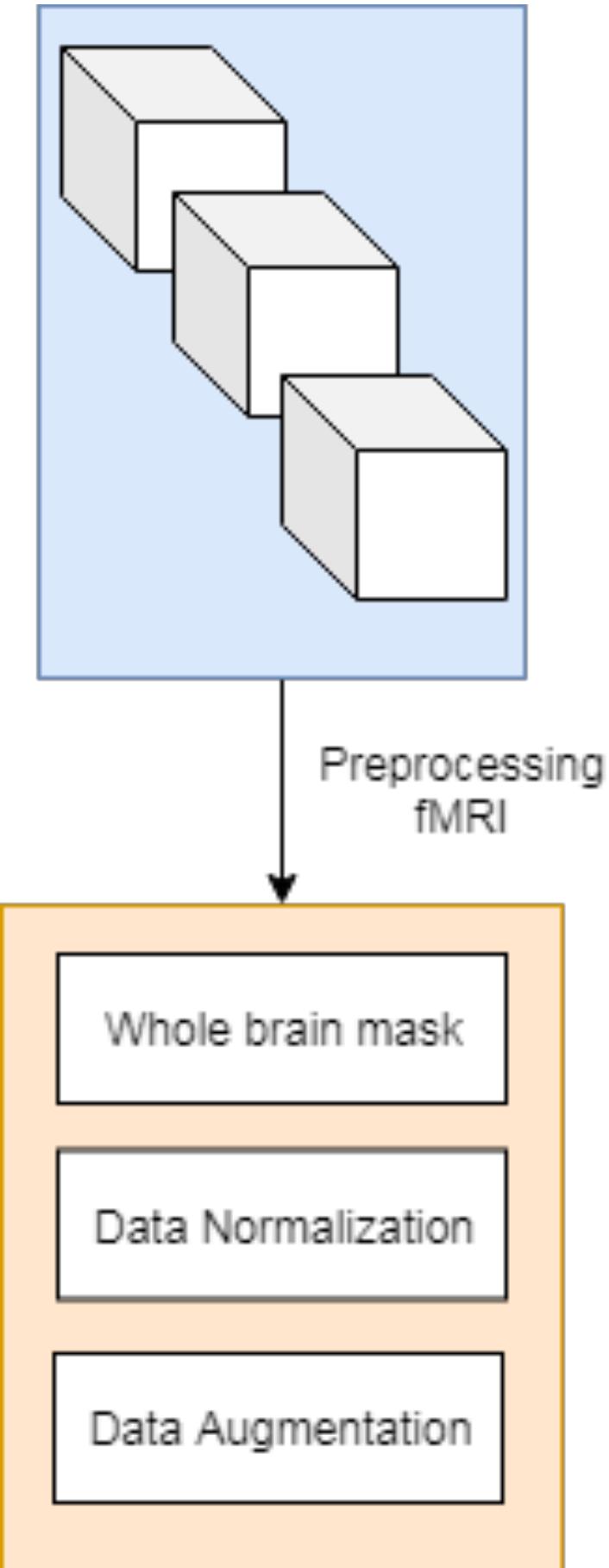
Projeto ACERTA

- Projeto do Instituto do Cérebro: Augusto Buchweitz
- Investigação dos aspectos neurológicos do processo de leitura em crianças em idade de alfabetização:
 - Bons vs. Mau Leitores
 - Disléxicos vs. Controles

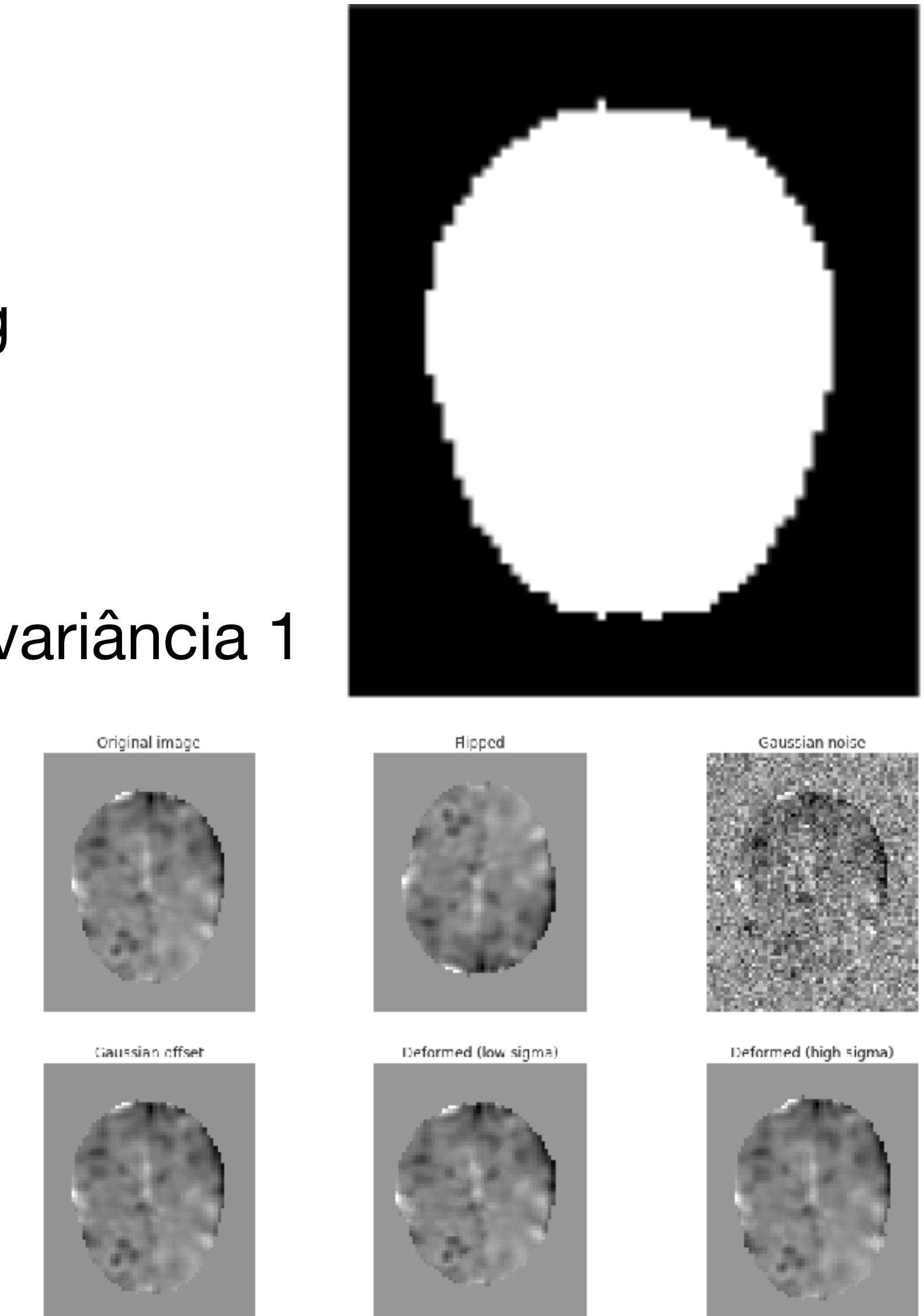
Visão Geral da Abordagem



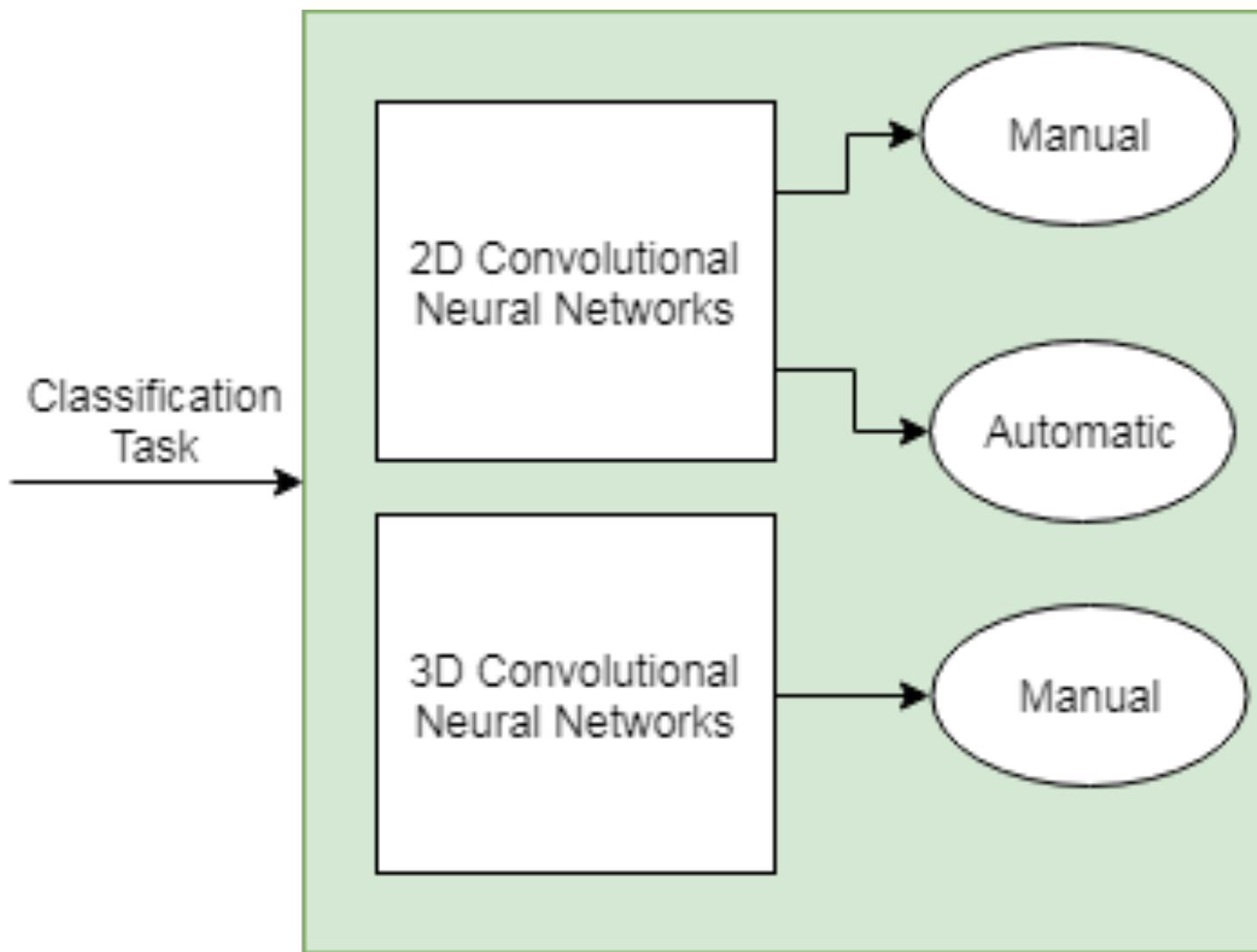
Pre-Processamento de Imagens



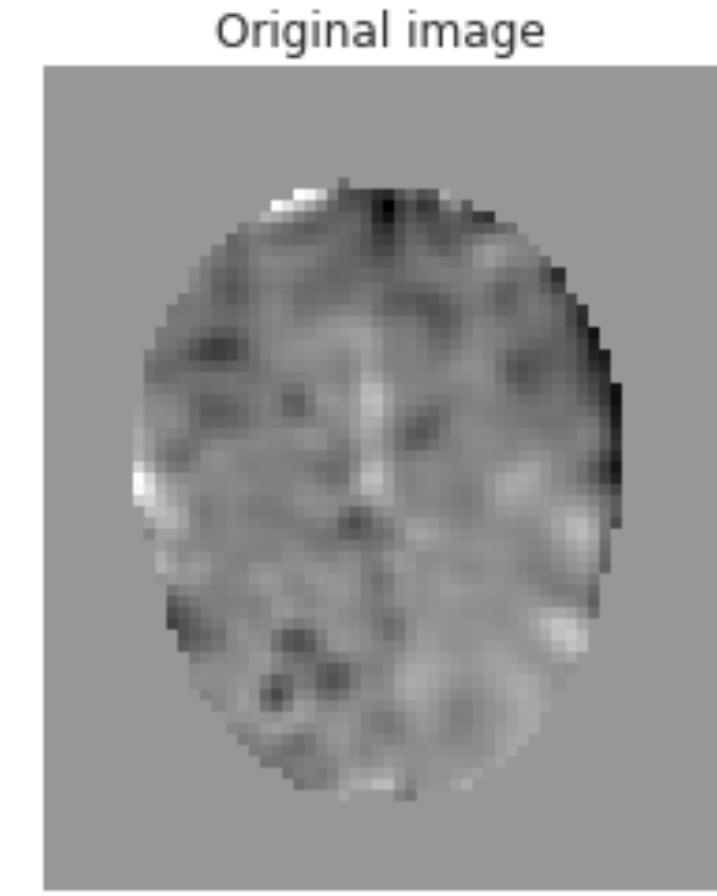
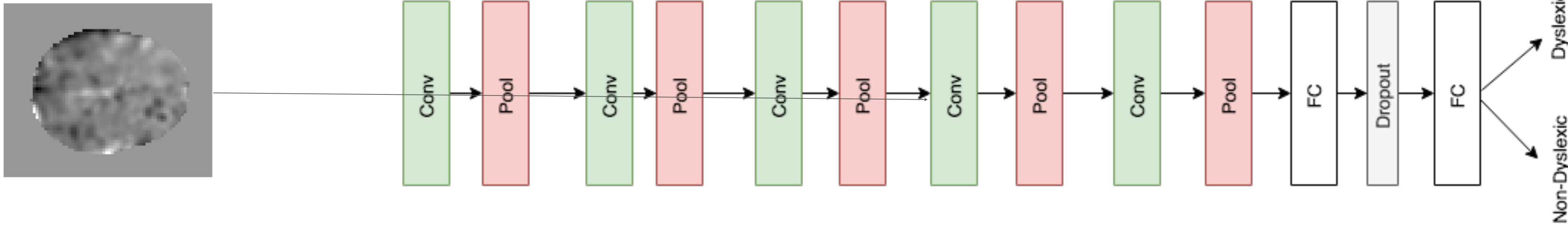
- Aplicação de máscara whole-brain
 - Sem feature-selection para deep learning
- Normalização de dados
 - Re-escala dos dados para média zero e variância 1
- Data Augmentation
 - Geração de dados ruidosos a partir dos dados originais



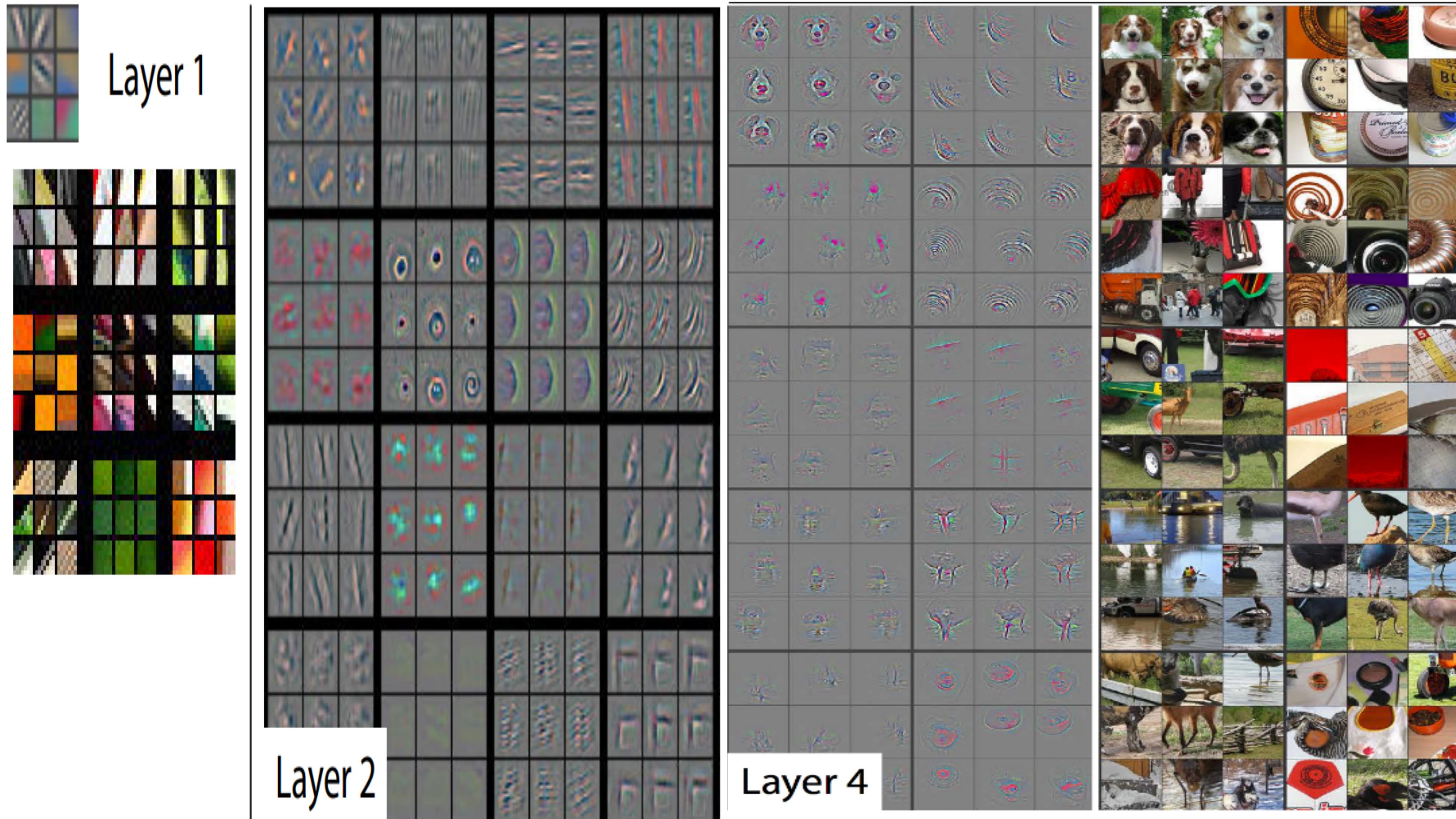
Classificação com CNNs 2D



- Dados de entrada
 - Task-based fMRI
 - Média de ativação ao longo de todas as palavras
 - Cortes axiais em duas dimensões (para 2D CNN)

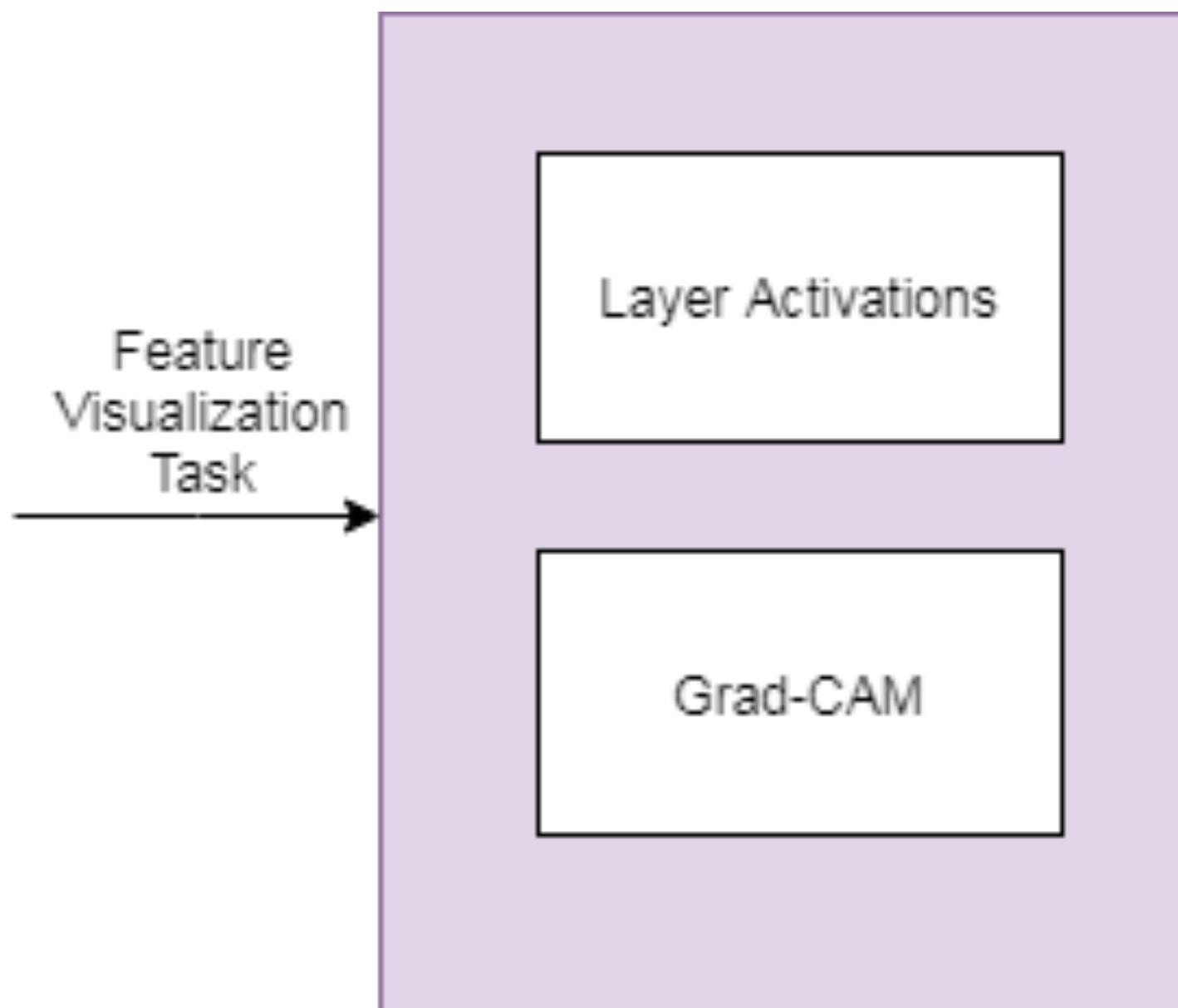


Visualização de Features



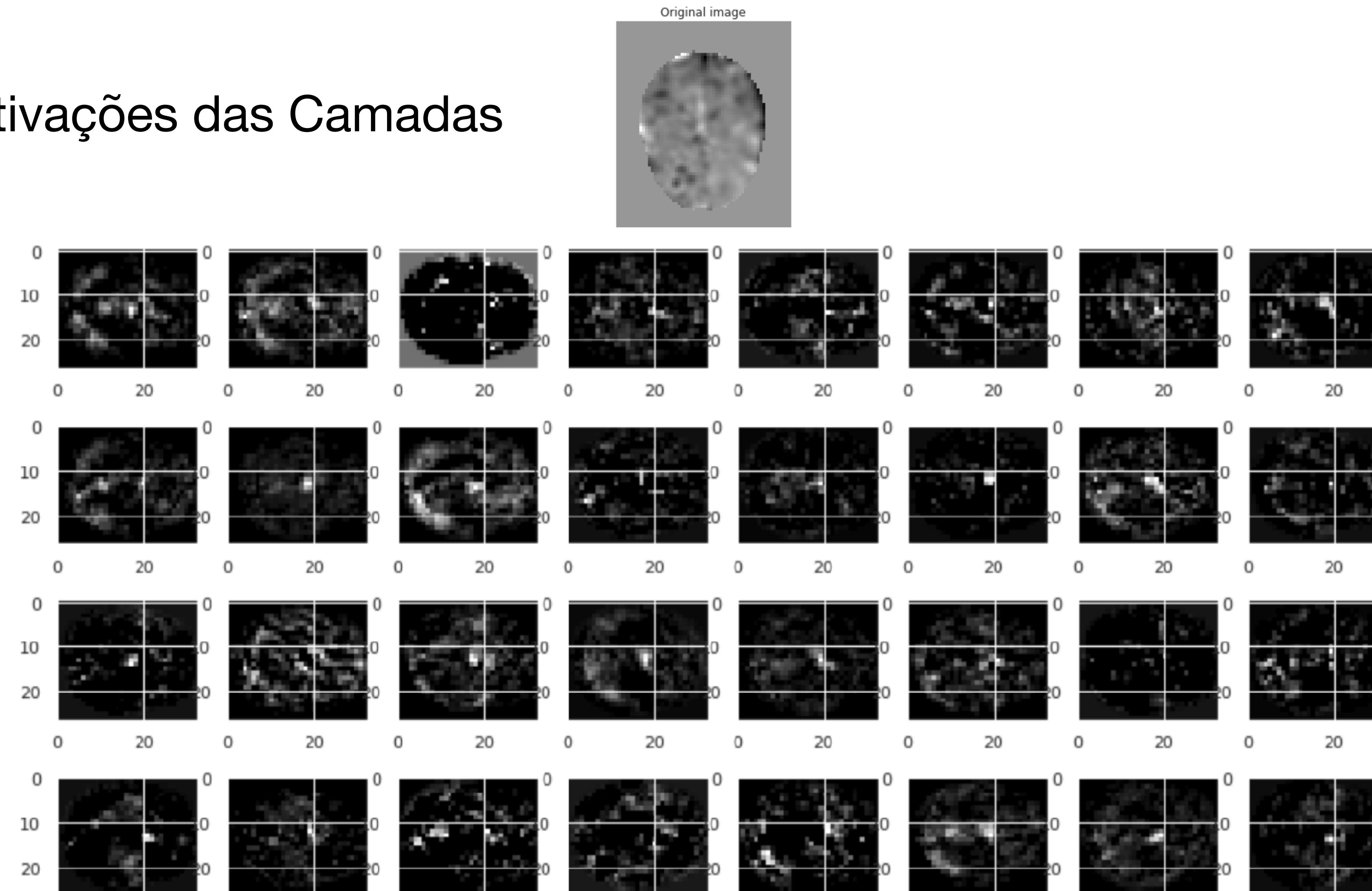
Visualização de Features

- Objetivo
 - Melhor entendimento das relações aprendidas pela rede neural
 - Tornar redes convolucionais interpretáveis para seres humanos
 - Ativação das Camadas
 - Visualizar ativações intermediárias dos mapas de features gerados pelas camadas convolucionais
 - Compreender os filtros aprendidos pela rede



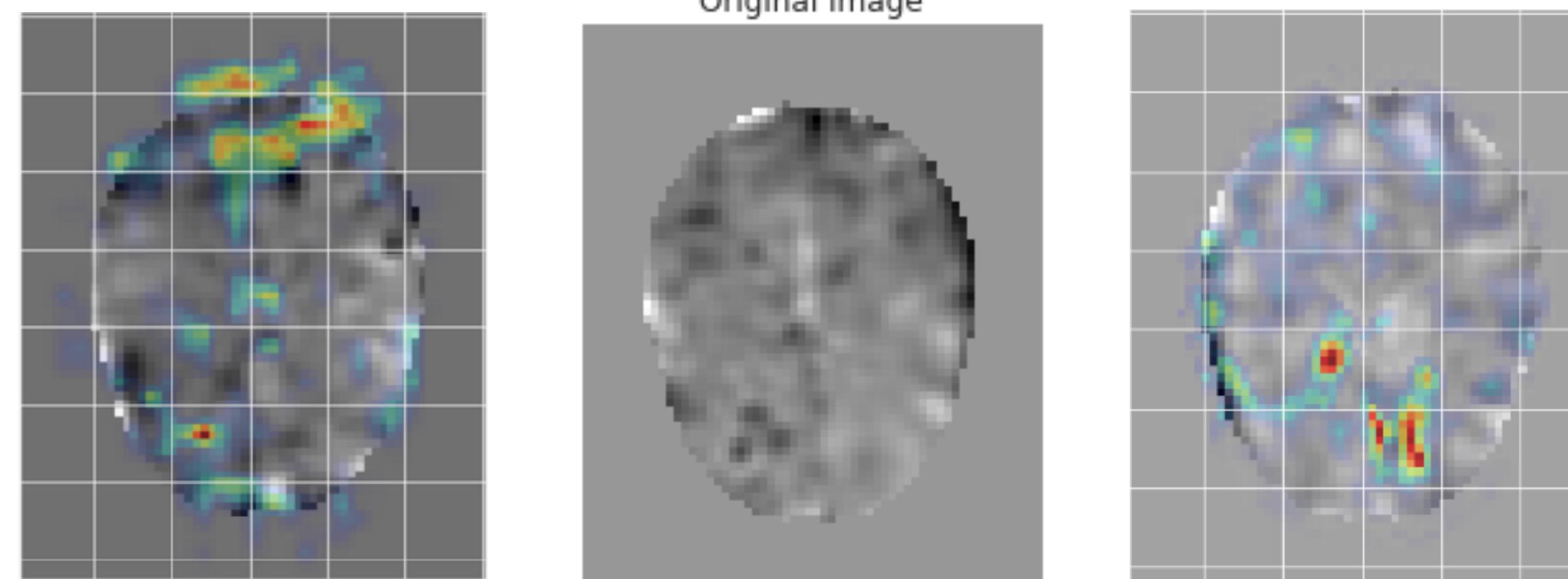
Visualização de Features

- Ativações das Camadas



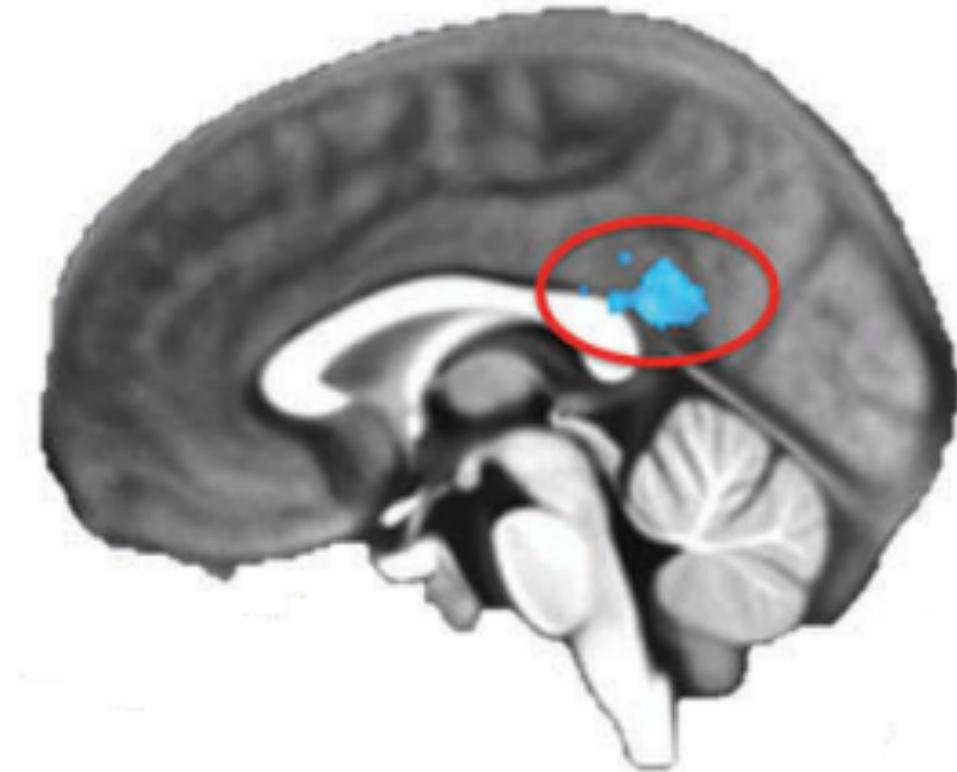
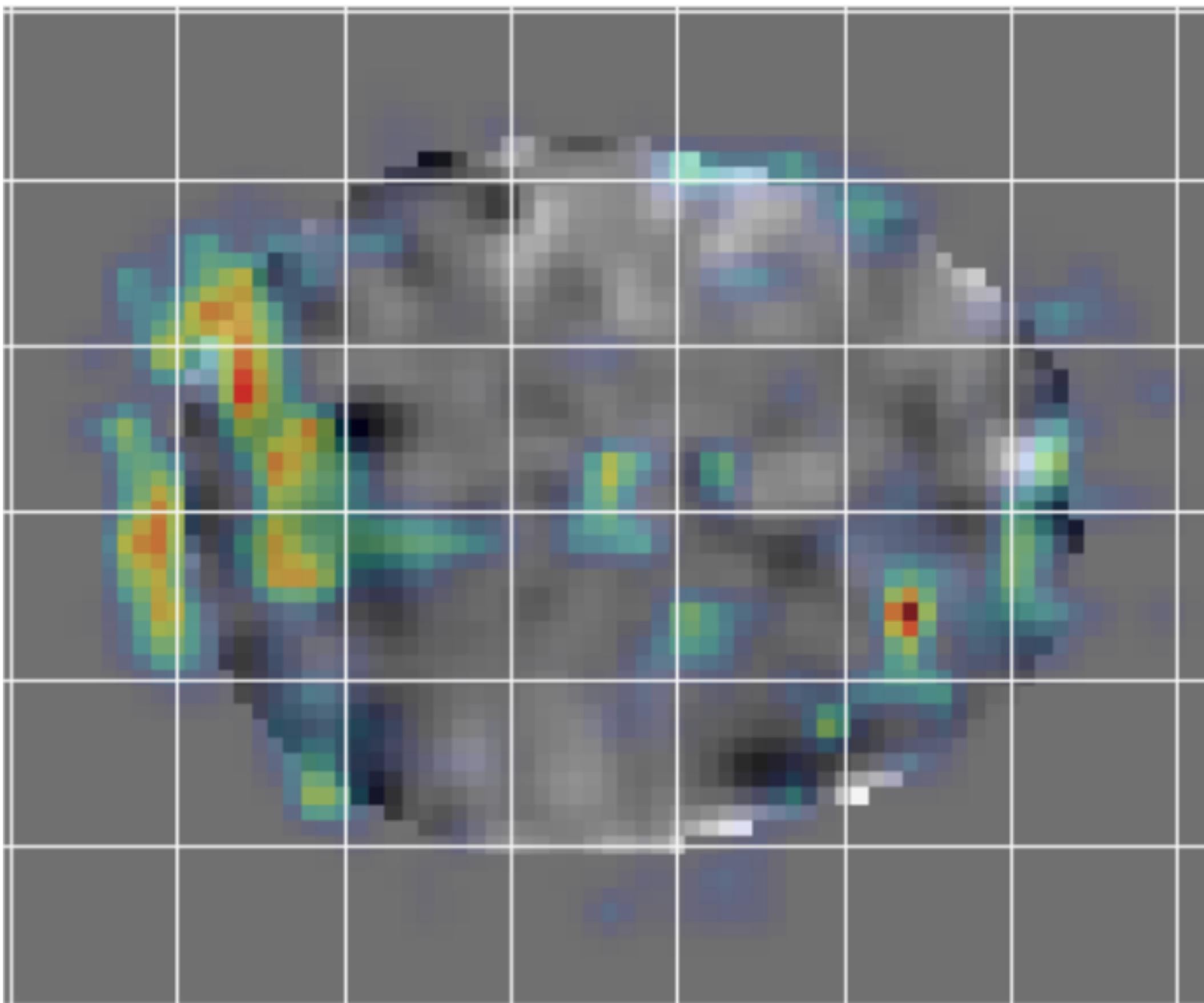
Grad-CAM

- Grad-CAM (Gradient-weight Class Activation Map)
 - Produz **mapas de cloro (heatmaps)** de ativações de classe sobre imagens de entrada
 - Mapa 2D de valores associados a uma **classe de saída** em particular
 - Indica o quanto uma localização na imagem é importante para decidir sobre uma **classe específica** (e.g. disléxico vs. controle)



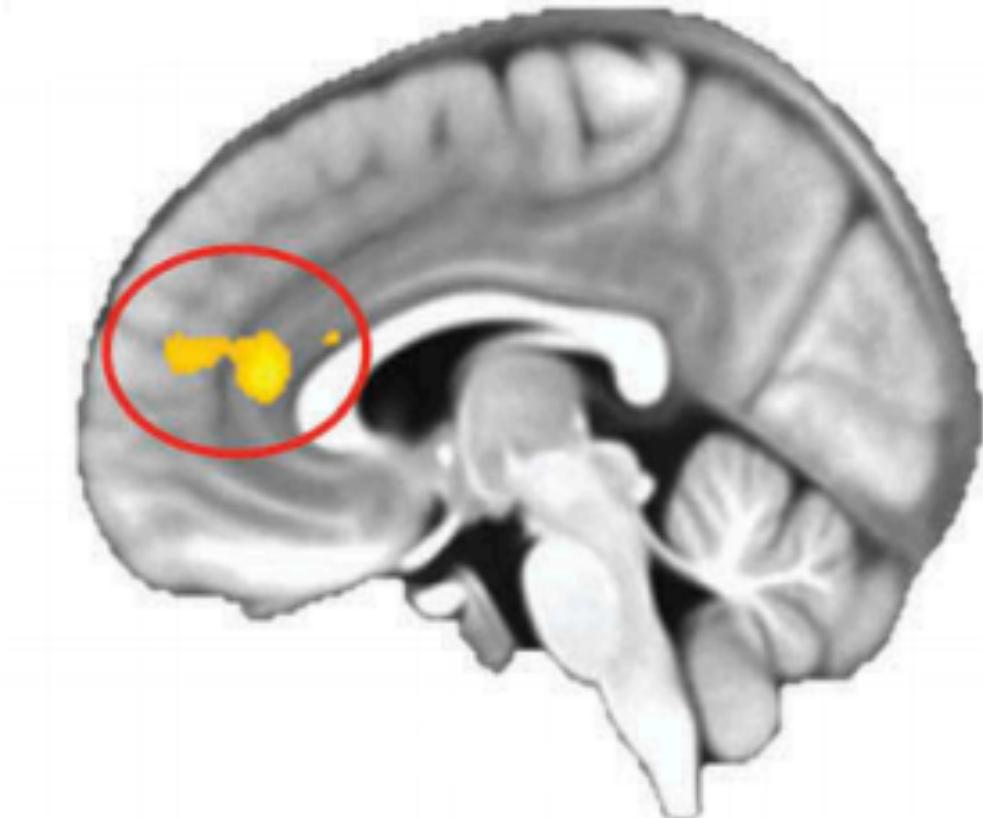
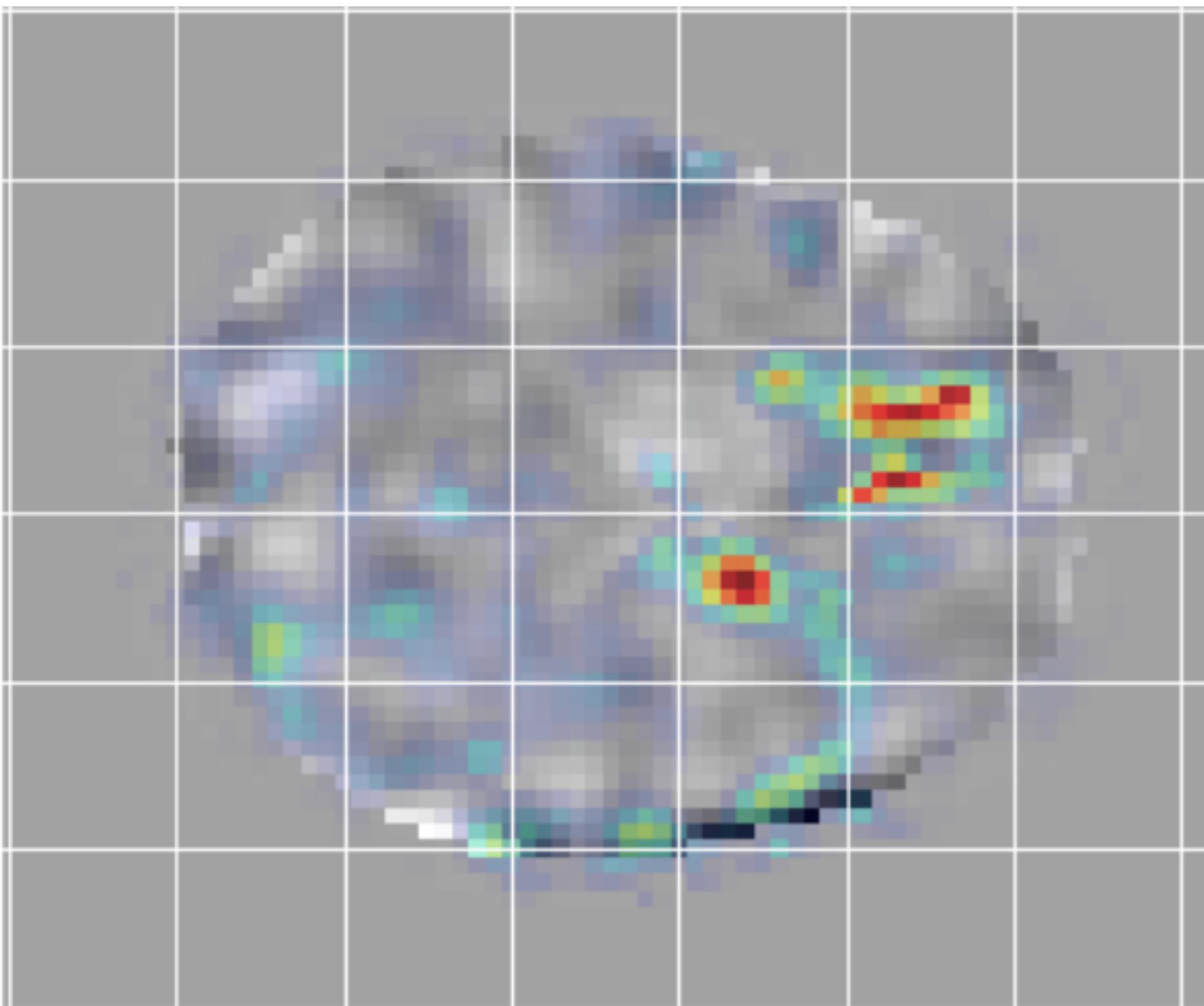
Resultados

- GradCAM - Sujeito Disléxico
- Ativação
 - Região occiptotemporal (visual)



Resultados

- GradCAM - Leitor Típico
- Ativação
 - Córtex Cingulado Anterior em leitores típicos



Aprendizado de Máquina

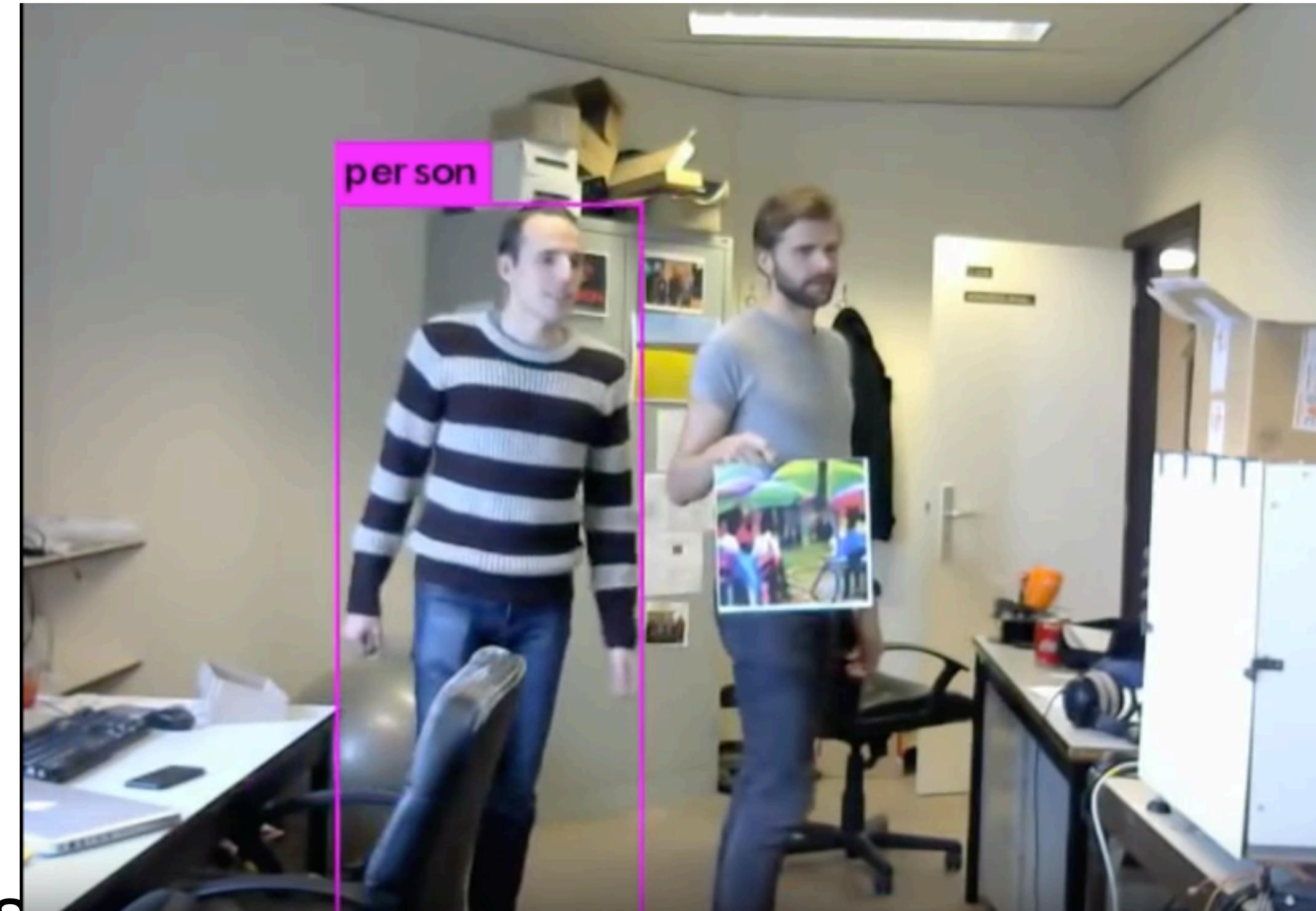
Limitações

Problemas com Aprendizado

- Degradação não-graciosa
- Limitações dos dados
 - Tamanho/variabilidade dos dados de treinamento
 - Imprevisibilidade de problemas

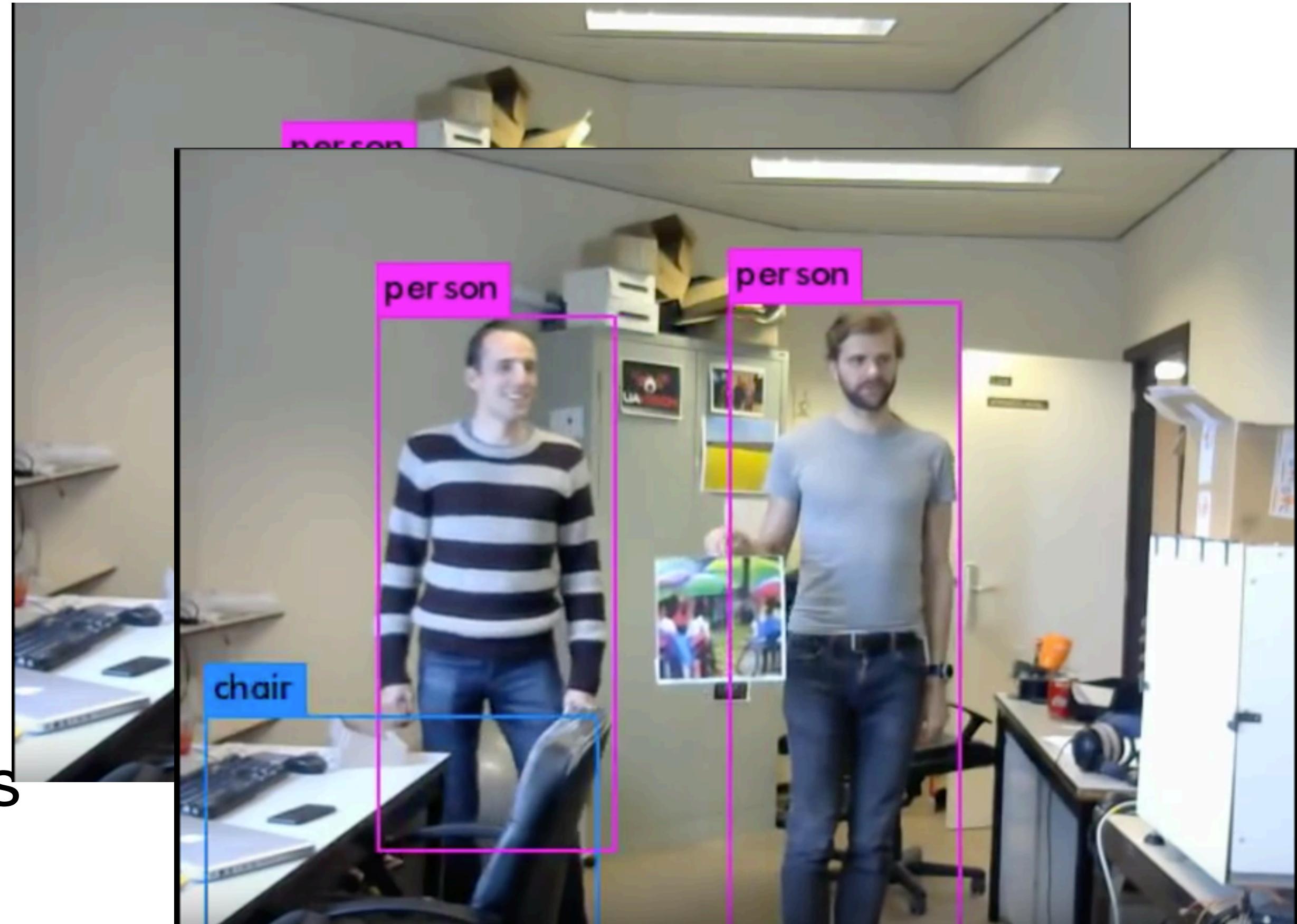
Problemas com Aprendizado

- Degradação não-graciosa
- Limitações dos dados
 - Tamanho/variabilidade dos dados de treinamento
- Imprevisibilidade de problemas



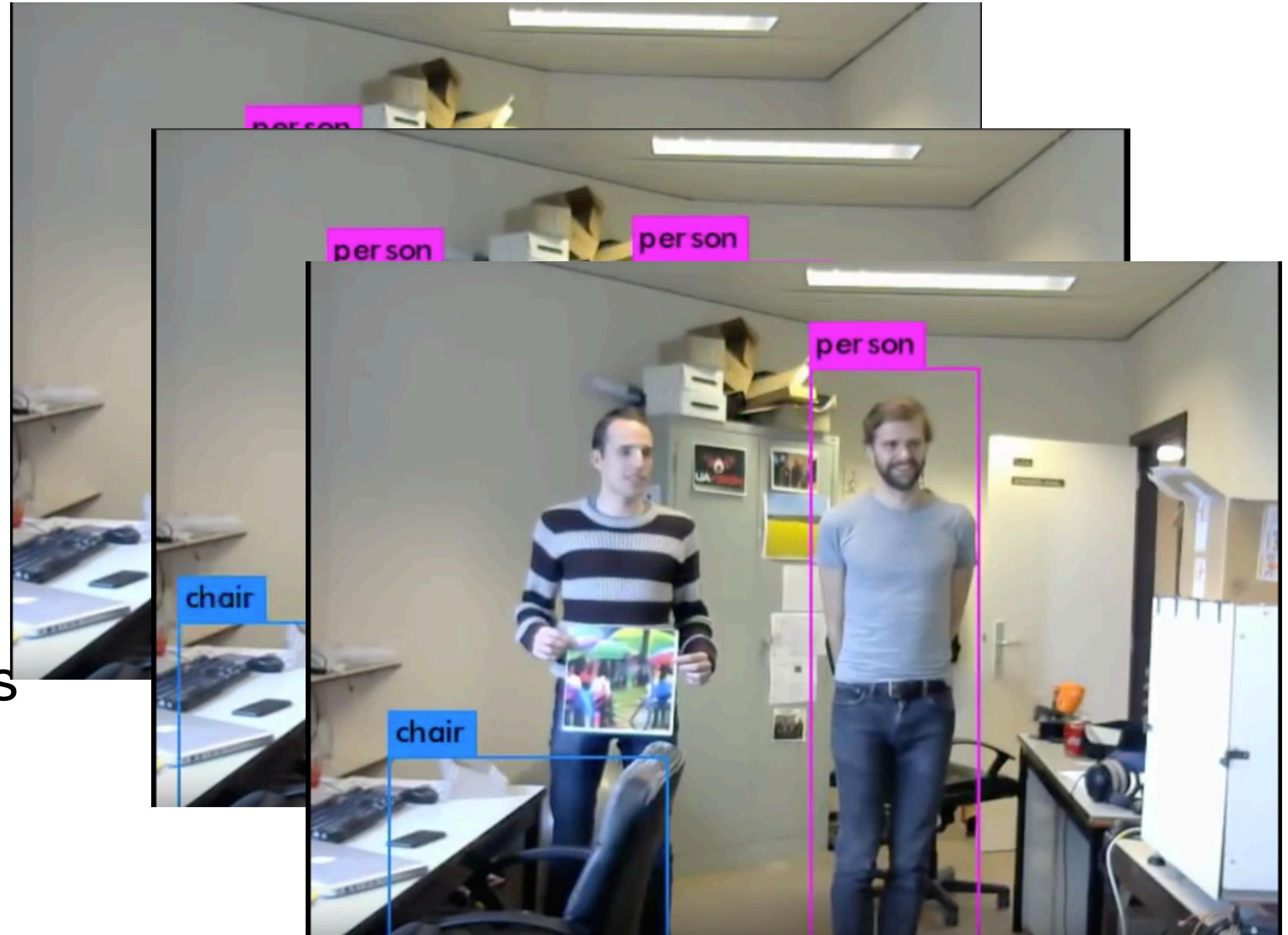
Problemas com Aprendizado

- Degradação não-graciosa
- Limitações dos dados
 - Tamanho/variabilidade dos dados de treinamento
 - Imprevisibilidade de problemas



Problemas com Aprendizado

- Degradação não-graciosa
- Limitações dos dados
 - Tamanho/variabilidade dos dados de treinamento
 - Imprevisibilidade de problemas



Problemas com Aprendizado

- Uso adversário de artefatos contra reconhecimento facial



Problemas com Aprendizado

- Acidentes recentes com carros autônomos
 - Diversos deles causados por excesso de confiança em AM
 - 8 milhões de milhas dirigidas



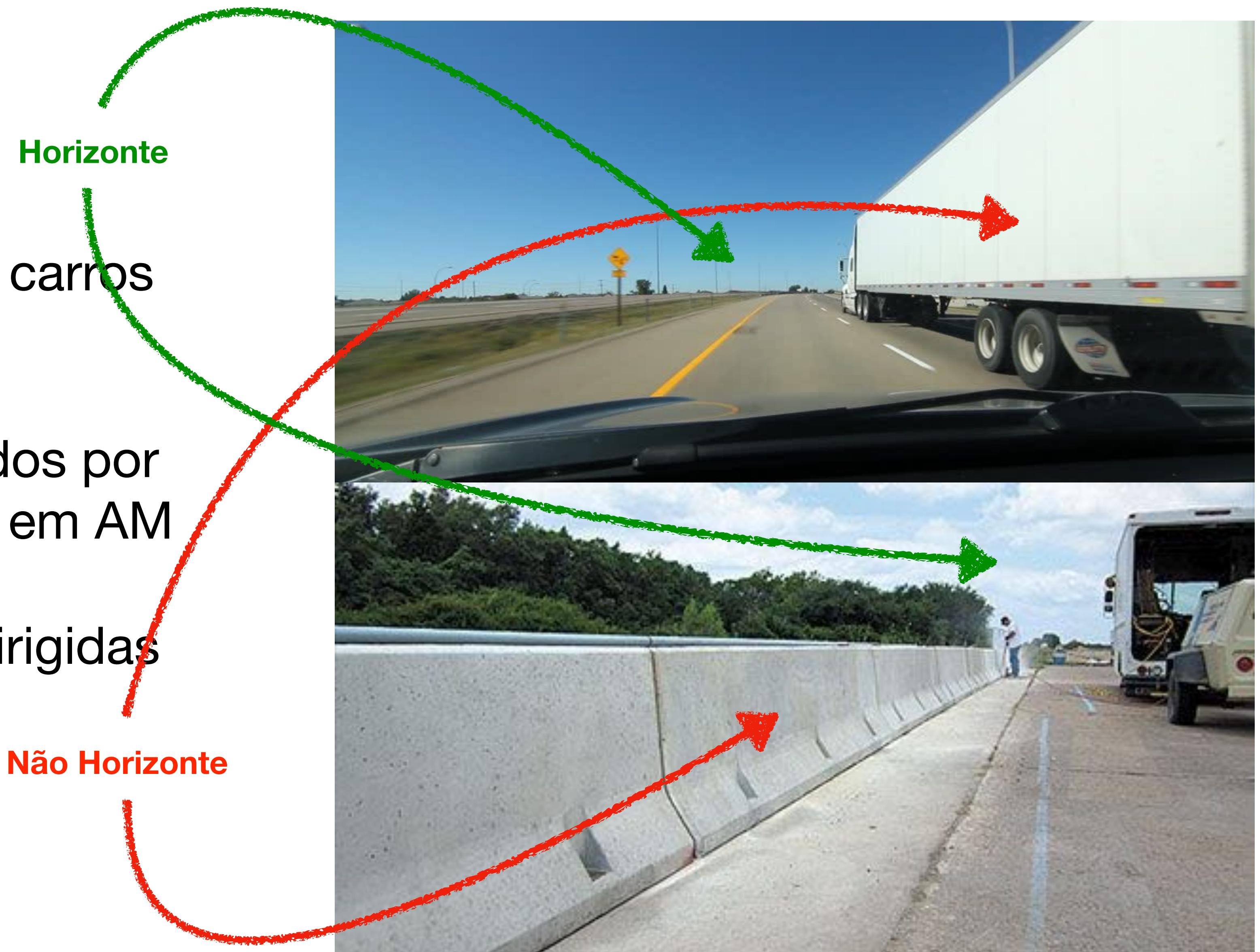
Problemas com Aprendizado

- Acidentes recentes com carros autônomos
 - Diversos deles causados por excesso de confiança em AM
 - 8 milhões de milhas dirigidas



Problemas com Aprendizado

- Acidentes recentes com carros autônomos
 - Diversos deles causados por excesso de confiança em AM
 - 8 milhões de milhas dirigidas



Problemas com Aprendizado

- Para um ser humano: arte abstrata
- Para um determinado modelo de AM: 45mph!



Desvantagens de AM

- Semântica da tarefa e dos problemas é clara
e.g. planejamento, tomadas de decisão
 - Não precisamos reaprender o conhecimento de física, cinemática e cinemática inversa para cada novo problema!
- Custo da falha é grande
 - Quantos robôs estamos dispostos a perder para aprender?

Quando só se tem Martelo

- Se pensarmos que Machine Learning é a única abordagem, então teremos que resolver diversos problemas do zero



One of the biggest problems is generalizability – the real world keeps giving us test data that's different from anything we saw when building the models. In order to take AI to every industry, we as a community still have important work to do to bridge this gap.

Andrew Ng

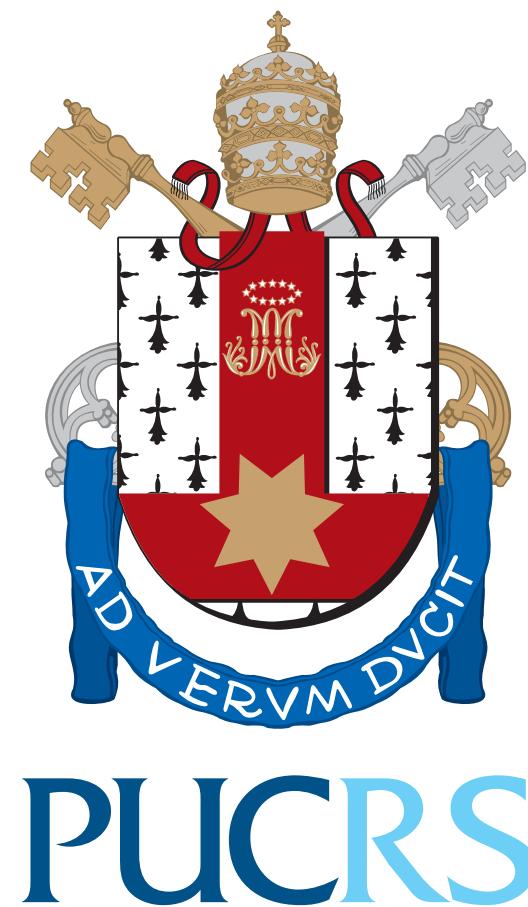
Resumindo

- Inteligência Artificial não é só Aprendizado, e muito menos só Profundo
 - Modelos tradicionais de IA são **mais efetivos** em uma vasta gama de problemas
 - Aprendizado de Máquina (não profundo, não neural) é mais efetivo para a **maioria** das tarefas de negócios (e.g. SVM)
- Aprendizado profundo resolve problemas antigos da IA tradicional
 - Importante entender exatamente **quando usar**:
 - Aprendizado de máquina: profundo vs. tradicional
 - IA tradicional: resolvedores e outras técnicas

Conclusões

- IA é uma área ampla com diversas técnicas utilizadas de longa data
 - IA não é só **deep learning** (mas deep learning é uma revolução)
- Diversas tarefas na área de saúde podem ser automatizadas
 - Incluindo análises de exames (e.g. laudos)
 - Estratégias de tratamento **ainda não** são automatizadas (AGI)
- Ferramenta **fundamental** na pesquisa biomédica

Perguntas



ESCOLA
POLITÉCNICA