

# Aprendizado de Máquina

## Aula 2: Aprendizado

André C. P. L. F de Carvalho  
ICMC/USP

[andre@icmc.usp.br](mailto:andre@icmc.usp.br)



# Tópicos

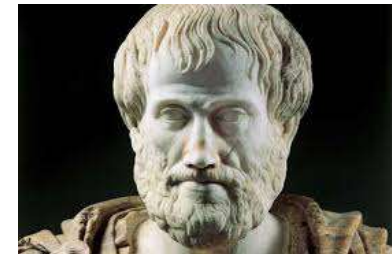
- Aprendizado de Máquina
- O que faz?
- Aplicações
- Tarefas de aprendizado

# Aprendizado de Máquina (AM)

- Revolução industrial automatizou trabalho manual
- Revolução da informação automatizou trabalho mental
- Revolução de aprendizado de máquina automatiza a própria automação
  - Passando de programação de máquina para aprendizado de máquina

# Quando começou?

- Filósofo grego Aristóteles criou a lógica moderna (384-322 AC)
  - Compôs Órganon (instrumento): coleção de seis textos em que discutia duas formas de argumentação
    - Dedução (raciocínio dedutivo)
      - Começa com uma teoria geral e usa observações para progressivamente torná-la mais específica
      - *Top-down* (geral para específico)
    - Indução (raciocínio indutivo)
      - Começa com observações e busca uma teoria para explicá-las
      - *Bottom-up* (específico para geral)

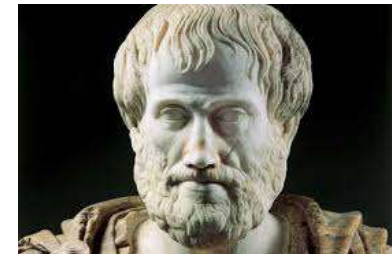


# Quando começou?

- Filósofo grego Aristóteles criou a lógica moderna (384-322 AC)
  - Compôs Órganon (instrumento): coleção de seis textos em que discutia duas formas de argumentação

- Dedução (raciocínio dedutivo)

- Começa com uma teoria geral e usa observações para progressivamente torná-la mais específica
- *Top-down* (geral para específico)



Sr. X foi assassinado. Polícia suspeita que o assassino foi o Sr. Y. Polícia busca evidências para deduzir que foi realmente o Sr. Y.

- Indução (raciocínio indutivo)

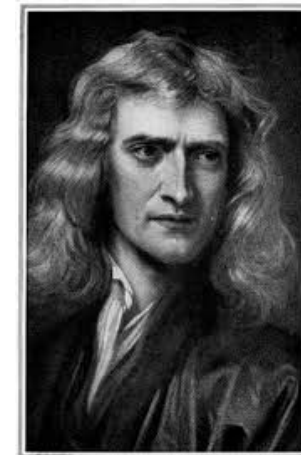
- Começa com observações e busca uma teoria para explicá-las
- *Bottom-up* (específico para geral)

Sr. X foi assassinado. Polícia olha trajetória da bala, cinzas de cigarro, fios curtos de cabelo, distância entre pegadas. Das observações, a polícia prediz que o assassino foi o Sr. Y.



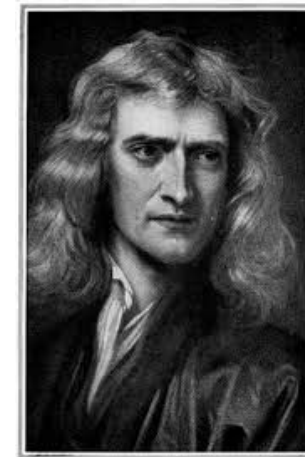
# Um dos marcos de AM

- Isaac Newton publica *Principia* em 1687
  - Princípios Matemáticos da Filosofia Natural
    - Conjunto de 3 livros
      - 3 leis de movimento
        - Lei da inércia
        - Princípio fundamental da dinâmica
        - Lei da ação e reação



# Um dos marcos de AM

- Isaac Newton publica *Principia* em 1687
  - Princípios Matemáticos da Filosofia Natural
    - Conjunto de 3 livros
      - Livros 1 : propõe 3 leis de movimento
        - Lei da inércia
        - Princípio fundamental da dinâmica
        - Lei da ação e reação
      - Livro 3: propõe 4 regras de indução
        - 3ª regra: O que é verdade para tudo que nós vimos é verdade para tudo no Universo

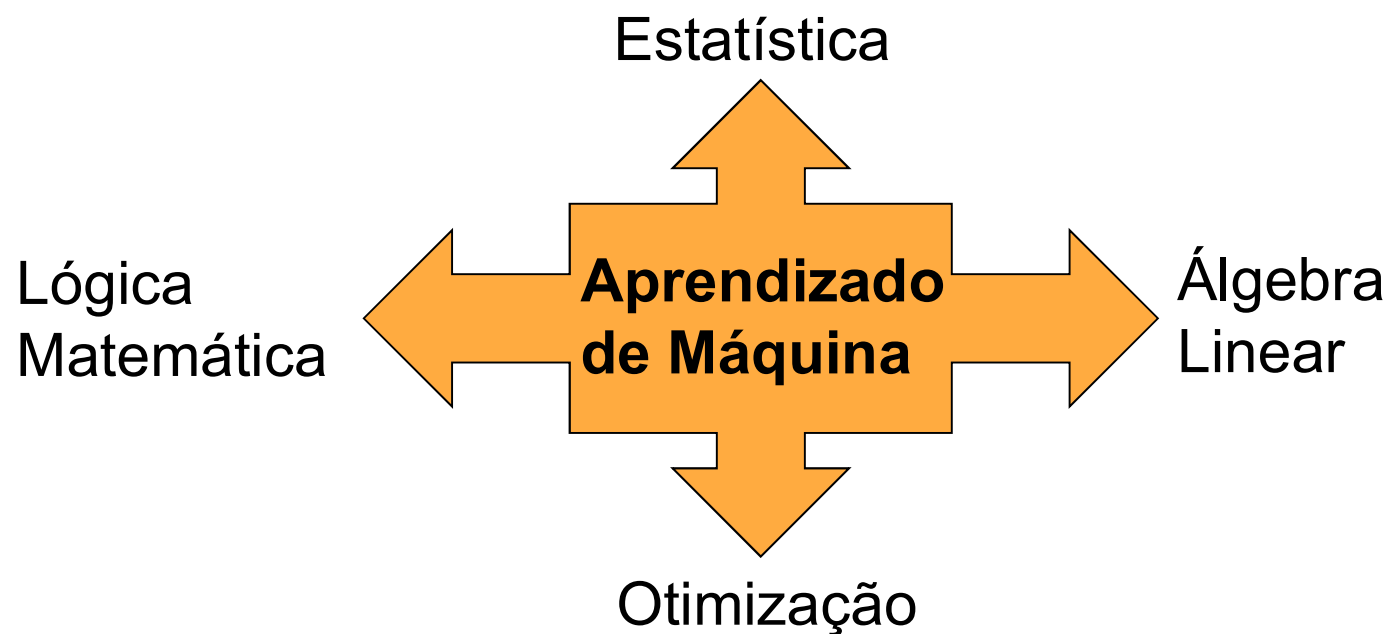


# Quando o termo foi criado?

- Termo Machine Learning (Aprendizado de Máquina) foi usado pela primeira vez em 1952, por Artur Samuel, programador da IBM
- Desenvolveu um programa para jogar damas
  - Para lidar com a pouca memória, escreveu o programa de poda alpha-beta
    - Algoritmo de busca que procura reduzir o número de nós avaliados pelo algoritmo minmax
      - Algoritmo recursivo para recomendar a próxima jogada em um jogo com 2 ou mais jogadores (minimizando perda)
      - Usado em inteligência artificial, teoria de decisão e teoria dos jogos



# É só computação?



# Aplicações de AM

- Aprendizado de máquina esta presente em várias atividades do nosso dia-a-dia, sendo utilizado para:
  - Recomendar que mensagens mostrar em aplicativos de redes sociais
  - Decidir que resultados (e anúncios), e em que ordem, mostrar após uma busca na internet
  - Sugerir filmes ou livros que gostaremos
  - Diagnosticar se nós temos uma dada doença
  - Selecionar você para uma entrevista de emprego

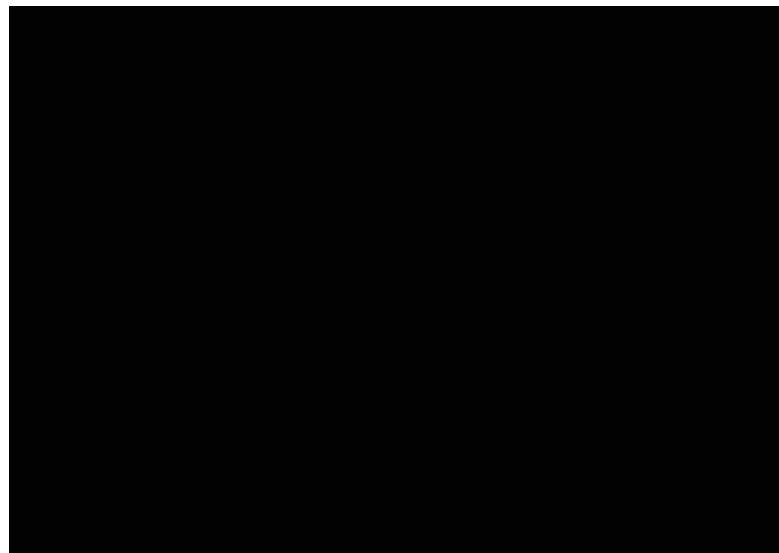
# Aplicações clássicas de AM

- Aprender a jogar damas
- Aprender a ler em voz alta
  - NETtalk (Terrence Sejnowski e Rosenberg, 1986)
- Aprender a reconhecer palavras faladas
  - SPHINX (Lee, 1989)
- Aprender a conduzir um automóvel
  - ALVINN (Pomerleau, 1989)
- Aprender a jogar gamão
  - TD-GAMMON (Tesauro 1992)

# NETtalk

- *NETtalk: a parallel network that learns to read aloud*
  - Sistema automático para aprender a falar o que está escrito na língua inglesa
  - Mapeia textos em fonemas
    - Sem usar processamento de linguagem natural nem regras da fonética
    - Usa rede neural com uma camada intermediária
      - Camada de entrada: 7 grupos com 29 entradas cada
      - Camada escondida: 80 neurônios
      - Camada de saída: 26 neurônios
      - 309 unidades e 18.629 pesos

# NETtalk



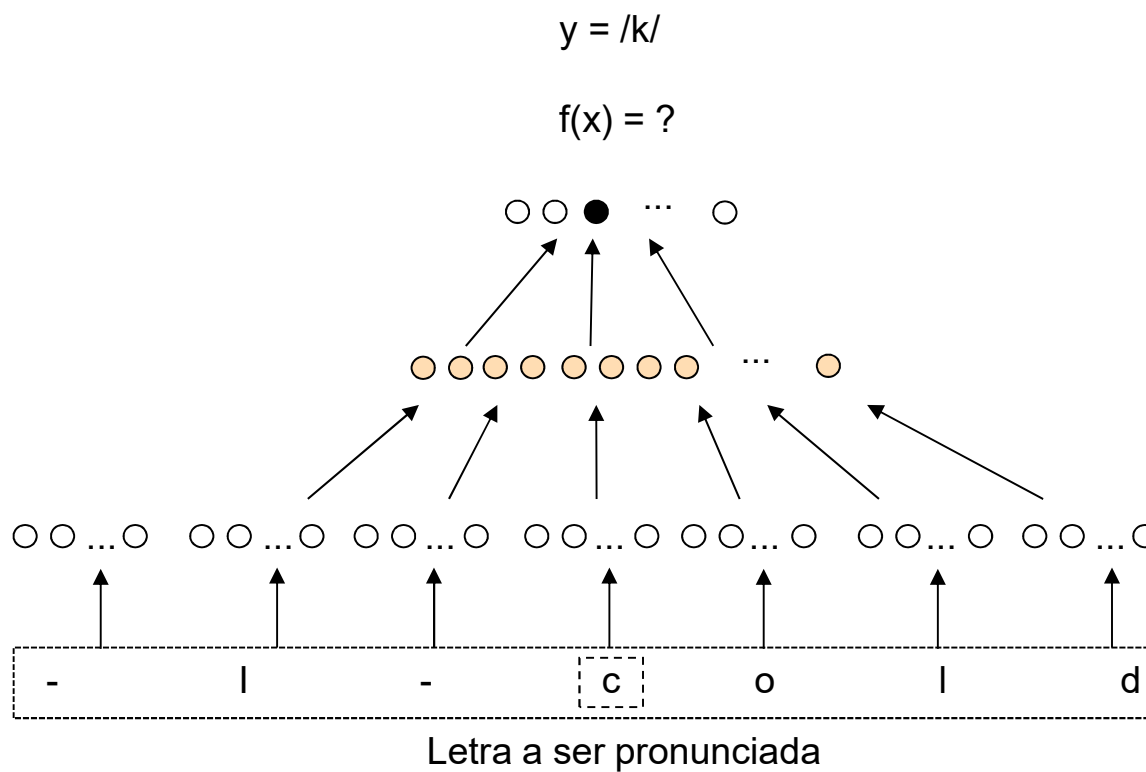
<https://www.youtube.com/watch?v=gakJlr3GecE>

Copyright © 2020. Todos os direitos reservados ao CeMEAI-USP. Proibida a cópia e reprodução sem autorização





# NETtalk



Saída desejada

Saída gerada

26 unidades de saída

80 unidades  
intermediárias

7 grupos de  
29 entradas

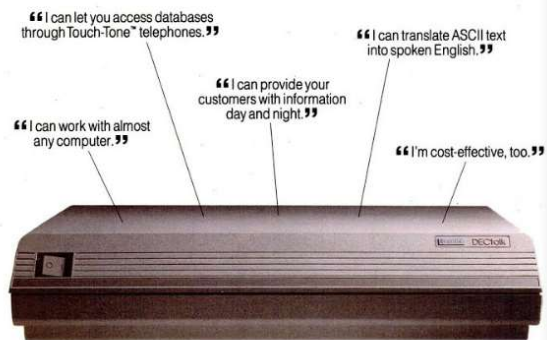
7 espaços de um texto

# NETtalk

- Desempenho
  - 95% para os dados de treinamento e 78% para os dados de teste
  - Comparado com o programa Dectalk
    - Sistema especialista desenvolvido por linguistas e baseado em regras
    - Dectalk apresentou um desempenho melhor
      - Foi desenvolvido em cerca de dez anos utilizando análises feitas por linguistas (Digital Equipment Corporation, 1984)
      - <https://archive.org/details/dectalk>



# Dectalk



## INTRODUCING DECTALK. THE REVOLUTIONARY NEW TERMINAL THAT LETS YOUR COMPUTER SPEAK FOR ITSELF.

Digital's DECTALK™ system gives you the data you need in a language you can understand: spoken English.

The DECTALK unit synthesizes speech. It's a terminal that accepts computer output the same way a video terminal or printer does, with one revolutionary distinction: DECTALK "talks."

And it does it with a level of quality and economy that has never been achieved anywhere before. If you want to hear the information that you would otherwise need a display screen or printer to re-

DECTALK system with your applications.

### LISTEN TO WHAT OUR ENGINEERING HAS ACCOMPLISHED.

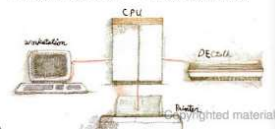
It's a natural idea to give computers the ability to speak English. So it should come as no surprise to learn that there are other systems that have pursued this idea. But there's nothing that even comes close to the DECTALK system. Consider all these standard features.

Instead of using pre-recorded words and phrases, the

speech synthesis in a unique, three-step process. First, it converts each word into digitized phonetic symbols. Then it adds inflection, denoting punctuation and the relative position of words within a sentence.

Finally, it generates realistic speech output through the synthesizer unit.

Instead of a flat, uninflected monotone, DECTALK gives you a variety of easily understandable, natural-



sounding voices, with modulated pitch, clear inflection, varying tones and selectable rates from 120 to 300 words per minute. You can choose from eight different speaking personalities, including male, female and children's voices. This lets you add emphasis to your message—using one voice for system prompts, for example, and another voice speaking at a faster rate to convey data-base information.

You don't have to restrict your vocabulary when you work with the DECTALK terminal, either. The system determines proper pronunciation by referring to its own internal dictionary and a set of letter-to-sound rules which can be applied to almost any word. You can add a special dictionary of your own for terms that are unique to your environment. As a result, the DECTALK vocabulary is extremely comprehensive.

Even that's not all, because we've engineered the DECTALK system with the ability to recognize words in context. For example, consider the difference between \$175 and \$175 million. Primitive systems would read



this as "dollars-one-period-seven-five" and "dollars-one-period-seven-five-million." The DECTALK system considers the context, and interprets these figures correctly as "one dollar and seventy-five cents," and "one-point-seven-five-million dollars." It also handles abbreviations properly. It will output "St. James St." correctly as "Saint James Street." In other words, you can hear it the way

synthesis system has ever achieved this level of quality at such a low cost.

### DECTALK WORKS WITH THE COMPUTERS YOU ALREADY HAVE. RIGHT NOW.

Any computer or word processor that generates ASCII alphanumeric text and uses an RS232-C port can use the DECTALK terminal. This includes every system Digital makes, as well as the vast majority of computers marketed today—from personal computers to mainframes.



Just as important as the fact that the DECTALK terminal works with almost any computer is the way it works with them: transparently. The DECTALK system is as easy to install as any printer or video terminal, because, to your computer, the DECTALK unit is just another serial output device. All the text-to-speech intelligence is embedded within the compact, briefcase-sized unit itself.

### THERE'S NO END TO WHAT DECTALK CAN TELL YOU.

The DECTALK system allows you to use any standard Touch-Tone™ telephone as a computer terminal. It can provide speech output over standard telephone lines, and will respond to commands issued through Touch-Tone telephone keypads. The DECTALK system incorporates auto-dial capabilities, too, so your computer can use the DECTALK terminal to send spoken messages to users over telephone lines automatically.

In addition, the DECTALK unit

in conjunction with a workstation and keyboard. It can also use an external speaker or public address system. These speech output capabilities open up an incredible variety of applications.

As an adjunct to an electronic message system, for example, the DECTALK terminal can allow traveling managers and professionals to access their mail remotely from any Touch-Tone phone.

Salespeople can call up DECTALK services while in a client's office to determine order status, check a price listing, or note inventory balances.

Banks can use DECTALK systems to let customers call up their own account balances, without requiring assistance from clerical staff.

In a process control environment, a DECTALK terminal can add spoken status messages to the information portrayed in graphic displays and screen prompts. And that can make it a lot easier for operators to effectively monitor and respond to critical events.

The DECTALK terminal is a boon for the handicapped, too. It can give a vision-impaired person an effective, economical way to work with computers. And it can give a speech-impaired person a way to verbalize his or her thoughts in person or over the phone.

This just begins to suggest the applications for the DECTALK speech synthesis terminal. Its usefulness is limited only by your imagination.

### THE PRICE IS EQUALLY AMAZING.

When you consider everything Digital's DECTALK system does—the way it provides database access through telephones instead of terminals, the unique quality of its voice output, its ease of installation, its compact, briefcase size, its compatibility with almost any computer, and the fact that

genie is contained within the DECTALK unit itself—the price may be the most amazing feature of all. The DECTALK system is available now for \$4000\* or less, depending on quantity.

In short, the DECTALK system makes computerized speech output both practical and affordable. And that makes the DECTALK speech synthesis computer terminal the best engineered computer interface you can buy for literally thousands of applications.

### BEST ENGINEERED MEANS ENGINEERED TO A PLAN.

The DECTALK speech synthesis terminal, like all Digital hardware and software products, is engineered to conform to an overall computing strategy. This means our systems are engineered to work together easily and expand economically. Only Digital provides you with a single, integrated computing strategy direct from desktop to data center.

For more information on DECTALK, return the coupon below. Or call 1-800-DIGITAL, extension 700.

If I'd like more information on the new DECTALK system:

☐ Please send a copy of the DECTALK brochure.

☐ Please have a sales professional call with complete information.

Name \_\_\_\_\_  
Title \_\_\_\_\_  
Company \_\_\_\_\_  
Address \_\_\_\_\_  
City \_\_\_\_\_  
State \_\_\_\_\_ Zip \_\_\_\_\_  
Telephone \_\_\_\_\_ Ext. \_\_\_\_\_

Please print legibly.  
Return to: Digital Equipment Corporation, Marketing Manager, 2 Mount Royal Avenue, UPO-5, Marlboro, MA 01752.

### THE BEST ENGINEERED COMPUTERS IN THE WORLD.



# ALVINN



Dean Pomerleau  
Carnegie Mellon University (CMU)



# ALVINN

- *Autonomous Land Vehicle In a Neural Network*
  - Sistema automático de navegação para automóveis baseado em Redes Neurais
    - Tese de doutorado da CMU
  - Coletava imagens por meio de uma câmera montada no topo do veículo
  - Dirigiu em 1989 a 110 Km/h em uma rodovia pública americana
    - De costa a costa por 4500 Km (com exceção de 80 Km)



# ALVINN



<https://www.youtube.com/watch?v=WPexu1mUH5s>

Copyright © 2020. Todos os direitos reservados ao CeMEAI-USP. Proibida a cópia e reprodução sem autorização

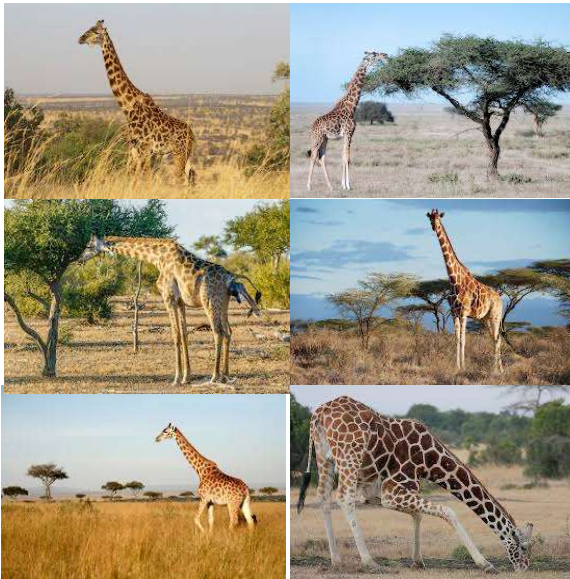


# Dados não estruturados

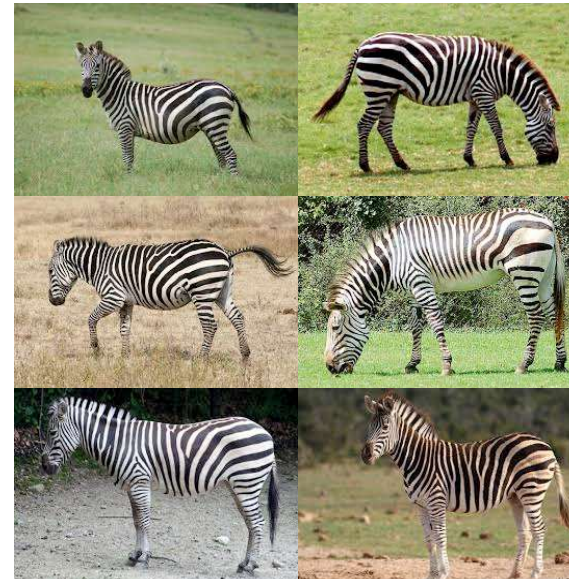
Dies ist ein Blindtext. An ihm lässt sich vieles über die Schrift ablesen, in der er gesetzt ist. Auf den ersten Blick wird der Grauwert der Schriftfläche sichtbar. Dann kann man prüfen, wie gut die Schrift zu lesen ist und wie sie auf den Leser wirkt. Dies ist ein Blindtext. An ihm lässt sich vieles über die Schrift ablesen, in der er gesetzt ist. Auf den ersten Blick wird der Grauwert der Schriftfläche sichtbar. Dann kann man prüfen, wie gut die Schrift zu lesen ist und wie sie auf den Leser wirkt.



# Dados não estruturados



Girafa



Zebra

# Dados estruturados rotulados

500	110	Manchas	Girafa
440	90	Manchas	Girafa
240	45	Listas	Zebra
520	115	Manchas	Girafa
260	50	Listas	Zebra
230	50	Listas	Zebra



# Conjuntos de dados

- Rotulados
  - Cada objeto recebe um rótulo
    - Valor categórico
    - Valor real
- Não rotulados
  - Objetos não recebem rótulos
- Parcialmente rotulados
  - Alguns objetos recebem rótulos
- Representam a história de ocorrência de eventos no passado
  - Dados históricos



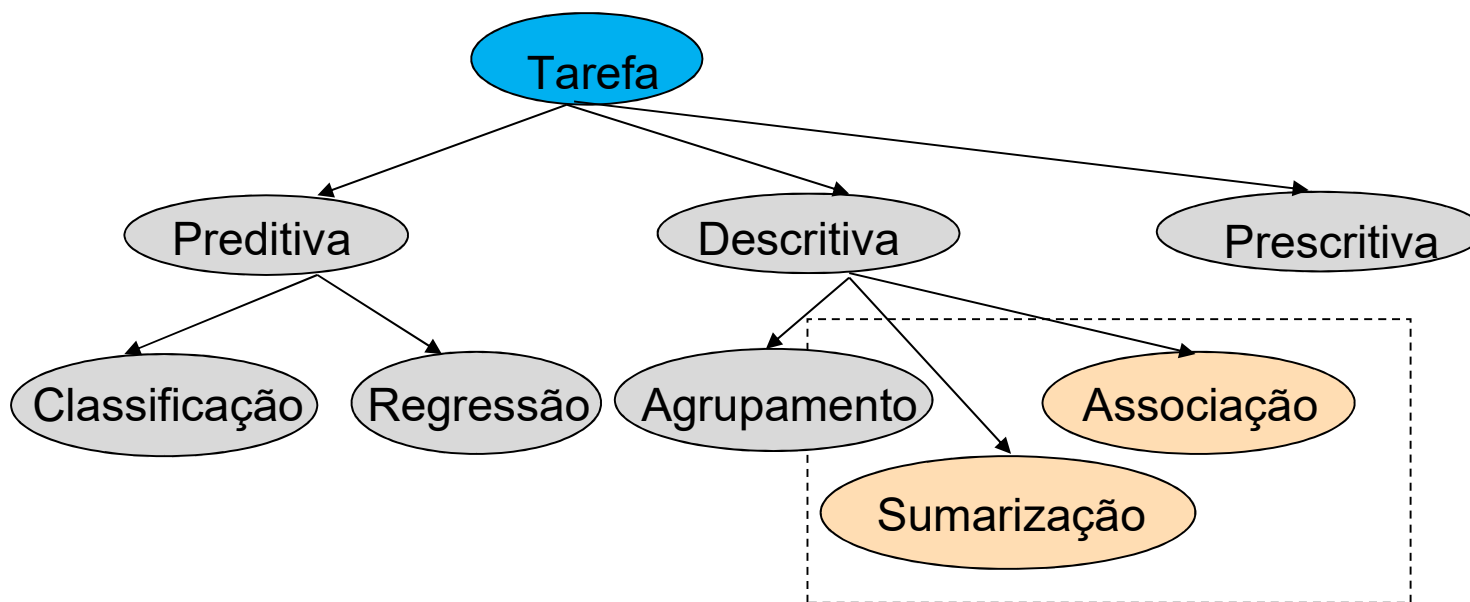
# Dados estruturados rotulados

Atributos de entrada (preditivos)				
Altura	TamanhoRabo	Textura	Classe	
500	110	Manchas	Girafa	Exemplos (objetos, instâncias)
440	90	Manchas	Girafa	
240	45	Listas	Zebra	
520	115	Manchas	Girafa	
260	50	Listas	Zebra	
230	50	Listas	Zebra	
				Atributo alvo

# Dados estruturados não rotulados

Atributos de entrada (preditivos)			
	Altura	TamanhoRabo	Textura
Exemplos (objetos, instâncias)	500	110	Manchas
	440	90	Manchas
	240	45	Listas
	520	115	Manchas
	260	50	Listas
	230	50	Listas

# Tarefas de aprendizado



Fim da  
apresentação