

GUIA DO PROFESSOR

LER COMO UM ROBÔ

Como é que um computador reconhece letras escritas à mão?

Os alunos fazem à mão o que um reconhecedor de caracteres faz por dentro: transformam uma letra manuscrita numa grelha de 0 e 1, escrevem-na como um vetor, comparam-na com as letras que o robô tem em memória e descobrem onde o método falha e como se corrige.

Programa	Faíscas
Público	4.º ao 6.º ano; adaptável até ao 9.º
Duração	60 minutos (variante de 45)
Material	Projetor, fichas A6 impressas, lápis e borracha
Organização	Individual nos níveis 1 a 4; pares no nível 5
Versão	1.0



VISÃO GERAL

A pergunta. Um computador só guarda 0 e 1. Como é que reconhece a letra que escrevemos à mão num ecrã ou numa carta? A atividade responde com um método real, simplificado o suficiente para caber numa ficha A6: a imagem passa a uma grelha de 35 bits, a grelha passa a um vetor, e o vetor é comparado com os vetores das letras que o robô já conhece. A mais parecida é a resposta.

O que os alunos aprendem. No fim da aula, os alunos devem conseguir:

- converter uma imagem simples numa grelha de 0 e 1 (binarizar) e explicar o que se perde;
- escrever essa grelha como uma única fila de bits (um vetor) e dizer para que serve;
- comparar dois vetores posição a posição e decidir qual é o mais parecido com uma medida simples;
- explicar porque é que contar só as coincidências engana o robô, e porque é que contar as diferenças (distância de Hamming) resolve o problema;
- apontar dois ou três aspetos em que os reconhecedores reais vão mais longe.

O que os alunos fazem. Cinco níveis de fichas A6, cada um com um gesto novo: escrever bits (nível 1), decidir e escrever o vetor (nível 2), reconhecer uma letra comparando com a memória (nível 3), descobrir a falha da medida e trocá-la (nível 4) e desafios em pares (nível 5). Cada aluno recebe uma letra diferente nos níveis 1 e 2, o que dá assunto para comparar com o colega do lado.

Ligação a outras aulas. No Faíscas, esta aula vem a seguir a «Portas lógicas», onde os alunos já viram que um computador trabalha com 0 e 1, e antes de «Comandar um robô». Se a turma não fez a aula anterior, a secção «Explicações para o professor» tem o necessário.

Em resumo

Duração	60 minutos; variante de 45 sem o nível 5
Organização	individual nos níveis 1 a 4, pares no nível 5; a turma inteira nos diapositivos
Material	projektor; fichas A6 (uma por aluno e nível, duas no nível 4); lápis e borracha; régua opcional
Ficheiros	guia.pdf (este), slides.pdf (28 diapositivos), notas.pdf (os diapositivos com as notas para o professor), fichas-a6.pdf (8 páginas A4, 4 cartões por página), fichas-a4.pdf (um cartão por página, ampliado)

ANTES DA AULA

Pré-requisitos

- Contar até 35 e somar sete números pequenos.
- Ler uma grelha por linhas e colunas (como uma tabela).
- Saber o que é um bit ajuda, mas não é necessário: a atividade define-o no diapositivo 5 («círculo pintado é 1, vazio é 0»).

O que preparar

- Abrir slides.pdf em ecrã inteiro e verificar que a letra manuscrita dos diapositivos 3 e 5 se vê bem do fundo da sala.
- Imprimir e cortar as fichas (ver tabela). Cortar ao meio na vertical e na horizontal pelas marcas; as marcas estão nas margens e no centro de cada folha.
- Separar os cartões por nível, em cinco montes. Dentro de cada monte, baralhar: os alunos vizinhos devem receber letras diferentes.

- Um lápis e uma borracha por aluno. Uma régua ajuda a seguir as linhas da grelha nos níveis 3 e 4, mas não é necessária.

O que imprimir

As fichas estão em [fichas-a6.pdf](#), a preto e branco, quatro cartões A6 por folha A4, cada folha com cartões de um só nível. Recomendamos imprimir só frente, porque os cartões são cortados e distribuídos um a um.

Material	Quantidade	Formato
Nível 1 — Da letra aos bits (páginas 1 e 2, cartões 1.1 a 1.8)	1 cartão por aluno	turma de 24: 3 cópias das páginas 1 e 2
Nível 2 — Da grelha ao vetor (páginas 3 e 4, cartões 2.1 a 2.8)	1 cartão por aluno	turma de 24: 3 cópias das páginas 3 e 4
Nível 3 — Quem é a letra? (páginas 5 e 6, cartões 3.1 a 3.8)	1 cartão por aluno	turma de 24: 3 cópias das páginas 5 e 6
Nível 4 — O robô enganado (página 7, cartões 4.1 a 4.4)	2 cartões por aluno: um de 4.1/4.2 e um de 4.3/4.4	turma de 24: 12 cópias da página 7
Nível 5 — Desafios (página 8, cartões 5.1 a 5.4); só na aula de 60 minutos	1 cartão por par; os pares trocam	turma de 24: 3 cópias da página 8

Regra geral para uma turma de n alunos: níveis 1, 2 e 3, $\frac{n}{8}$ cópias das suas duas páginas (arredondar para cima); nível 4, $\frac{n}{2}$ cópias da página 7; nível 5, $\frac{n}{8}$ cópias da página 8. Na aula de 60 minutos, para 24 alunos são 33 folhas A4; para 28 alunos são 42. Na variante de 45 minutos, sem o nível 5, para 24 alunos são 30 folhas A4; para 28 alunos são 38. O «Pacote da turma», na página da aula, faz estas contas para qualquer turma e junta as páginas pela ordem certa.

[fichas-a4.pdf](#) tem os mesmos 32 cartões, um por página, ampliados ao dobro. Serve para alunos que precisam de letra e células maiores, para projetar um cartão, e para quem prefere cada exercício numa página.

Tempos

Etapa	Minutos	O que acontece
Abertura	5	Diapositivos 1–3: máquinas que leem; o que nós vemos e o que o robô vê
Nível 1 — Da letra aos bits	10	Diapositivos 4–8; cartões 1.1 a 1.8
Nível 2 — Da grelha ao vetor	10	Diapositivos 9–12; cartões 2.1 a 2.8
Nível 3 — Quem é a letra?	12	Diapositivos 13–17; cartões 3.1 a 3.8
Nível 4 — O robô enganado	10	Diapositivos 18–22; cartões 4.1 a 4.4
Nível 5 — Desafios	8	Diapositivos 23–25; cartões 5.1 a 5.4, em pares
Fecho e verificação	5	Diapositivos 26–28; cinco perguntas orais
Total	60	

Variante de 45 minutos. Abertura 4, nível 1 8, nível 2 8, nível 3 12, nível 4 8 (um cartão de 4.1/4.2 e um de 4.3/4.4, como na aula de 60 minutos), fecho 5. O nível 5 fica para quem acaba cedo ou para uma segunda aula.

GUIÃO DA AULA

0 Abertura ■ 5 min ■ diapositivos 1–3

Projetar o diapositivo 2 e perguntar onde é que já viram uma máquina a ler letras escritas à mão. Recolher dois ou três exemplos (telemóvel, correios, matrículas, digitalização de documentos antigos) e lançar a pergunta do dia.

O que dizer

«Um computador só guarda 0 e 1. Então como é que reconhece um A escrito à mão, que nunca é igual ao do vizinho? Hoje vamos fazer à mão o que o computador faz por dentro.»

Diapositivo 3: a mesma letra vista por nós, por uma grelha e pelo robô. Não explicar ainda os números; só mostrar que a letra «passa a ser» 35 bits.

1 Nível 1 — Da letra aos bits ■ 10 min ■ diapositivos 4–8

Diapositivo 5: um A escrito à mão por alguém, e a grelha de círculos por cima. Cada círculo é uma célula (um píxel); se o traço passa pelo círculo, o círculo fica pintado; pintado é 1, vazio é 0. Fazer a conversão em voz alta para as duas primeiras linhas, pedindo os valores aos alunos.

O que dizer

«Lemos como um livro: da esquerda para a direita, de cima para baixo. Primeira linha: vazio, vazio, pintado, vazio, vazio. Que bits são? 0 0 1 0 0.»

Diapositivo 6: a regra para os círculos em que a letra só toca ao de leve. Combinar uma regra com a turma (pinta se o traço passa pelo meio; não pinta se só roça a borda) e dizer que duas pessoas podem discordar numa ou duas células; isso é esperado. Diapositivo 7: o mesmo A escrito por três pessoas dá três grelhas diferentes; é este o problema que o robô tem de resolver, e é por isso que os cartões trazem letras de «escritores» diferentes (caneta direita, lápis inclinado, caneta grossa, lápis fino).

Prática (diapositivo 8). Distribuir um cartão do nível 1 a cada aluno. O cartão mostra a cadeia inteira: a letra como foi escrita à mão, a grelha com os círculos por onde o traço passa já pintados (a cinzento, para o traço se ver), e a grelha vazia onde o aluno escreve os 35 bits e responde às duas perguntas (quantos bits a 1 tem a letra; quantos bits tem a grelha: 35). Quem acaba compara com o vizinho, que tem outra letra.

Respostas

Todas as grelhas estão na secção «Soluções». Quantos bits tem a grelha: 35 (5 colunas × 7 linhas), em todos os cartões.

Atenção

Alguns alunos deixam células em branco em vez de escrever 0. Insistir: todas as 35 células têm um valor.

2 Nível 2 — Da grelha ao vetor ■ 10 min ■ diapositivos 9–12

Diapositivo 10: a memória de um computador é uma fila comprida de bits. Para guardar a grelha, escrevem-se as linhas uma a seguir à outra: a linha 1, depois a linha 2, até à linha 7. Resultado: uma fila de 35 bits, o **vetor** da letra. Diapositivo 11: para quê. Duas letras dão dois vetores do mesmo comprimento, que se comparam posição a posição.

O que dizer

«Imagina uma estante com 7 prateleiras de 5 livros. Para os pôr numa fila só no chão, pegas na primeira prateleira, depois na segunda, e assim por diante. A fila é o vetor; ninguém se perde, porque sabemos que cada grupo de cinco livros corresponde a uma prateleira.»

Prática (diapositivo 12). Cartão do nível 2: agora os círculos vêm vazios. O aluno pinta os círculos por onde a letra passa, escreve os bits e depois o vetor, nas caixas por baixo (as linhas 1 a 4 na primeira fila de caixas, 5 a 7 na segunda). Nos cartões 2.7 e 2.8 a letra é escrita pelo próprio aluno, à mão, por cima dos círculos (um E, e a primeira letra do seu nome): é o momento em que cada um codifica a sua própria caligrafia. Dar estes dois cartões a alunos que acabem o primeiro cedo, ou a toda a turma se houver tempo.

Respostas

Na secção «Soluções» (cartões 2.1 a 2.6). Aceitar uma ou duas células diferentes da solução quando o traço passa junto à borda do círculo; o que conta é a regra ter sido aplicada com coerência. Os cartões 2.7 e 2.8 não têm solução única: verificar que a letra ocupa a grelha, que a regra foi seguida e que o vetor copia as linhas pela ordem certa.

3

Nível 3 — Quem é a letra? ■ 12 min ■ diapositivos 13–17

Diapositivo 14: o robô tem em memória três letras (A, O e T), cada uma como uma grelha de 35 bits. Diapositivo 15: lê uma letra nova e compara-a com cada letra da memória, linha a linha, contando em cada linha as posições onde as duas têm 1. As contagens por linha somam-se. Diapositivo 16: a maior soma ganha; o robô leu um A.

O que dizer

«O robô não sabe o que é um A. Só sabe contar. Para cada letra que tem na memória, conta quantos 1 estão no mesmo sítio. A que tiver mais, é a que ele diz que leu.»

Fazer a primeira linha de cada comparação com a turma, no diapositivo 15, antes de distribuir.

Prática (diapositivo 17). Cartão do nível 3. O aluno escreve os bits da letra lida (escrita à mão por outra pessoa; os círculos já vêm pintados), depois, para cada letra da memória, conta em cada linha os 1 na mesma posição, escreve nas caixas pequenas, soma na caixa grande e escreve a letra vencedora.

Dica

Comparar grelha com grelha é o mesmo que comparar os vetores posição a posição; só está dobrado em 7 linhas para ser mais fácil de seguir com o dedo ou com uma régua.

Respostas

3.1 letra A: A 13, O 3, T 3 → A. **3.2** letra T: A 3, O 4, T 11 → T. **3.3** letra O: A 3, O 16, T 4 → O. **3.4** letra P: P 15, M 10, U 8 → P. **3.5** letra U: P 8, M 12, U 15 → U. **3.6** letra M: P 10, M 19, U 12 → M. **3.7** letra E: E 18, L 11, H 12 → E. **3.8** letra H: E 12, L 8, H 17 → H.

4 Nível 4 — O robô enganado

■ 10 min

■ diapositivos 18–22

Este nível responde a quem achou o método fácil demais: a medida que usámos tem uma falha, e os alunos vão encontrá-la.

Distribuir primeiro o cartão 4.1 (um L contra L, E e F) ou o 4.2 (um O contra A, O e uma mancha toda a 1), com a instrução de contar as coincidências como no nível 3 e de reparar no resultado. Deixar os alunos chegar ao empate antes de projetar.

Respostas

4.1 letra L, coincidências: L 11, E 11, F 7 → empate L / E. **4.2** letra O, coincidências: A 3, O 16, mancha 16 → empate O / mancha.

Diapositivo 19: o E contém todos os 1 do L, por isso coincide tanto como o próprio L; a medida só vê o que coincide e ignora o que sobra. Diapositivo 20: com uma mancha toda a 1 na memória, a mancha empata com qualquer letra ou ganha, porque coincide com tudo. Perguntar à turma como corrigir; alguém sugere quase sempre «também contar o que está a mais».

Diapositivo 21: contar diferenças. Em cada posição, se um tem 1 e o outro 0, é uma diferença. Quanto menor a soma, mais parecida a letra. O L contra L dá 0 diferenças; contra E dá 7; contra F dá 11. O L ganha sozinho. Dizer o nome: distância de Hamming.

O que dizer

«Antes contávamos só o que coincidia. Agora contamos tudo o que não bate certo: o que falta e o que está a mais. A letra certa é a que tem menos diferenças. A mancha já não ganha, porque toda a tinta que tem a mais conta como diferença.»

Prática (diapositivo 22). Cartões 4.3 e 4.4, com a medida nova. O 4.3 é a mesma letra do 4.1, para se ver a medida nova a desfazer o empate.

Respostas

4.3 letra L, diferenças: L 0, E 7, F 11 → L. **4.4** letra E, diferenças: L 7, E 0, F 4 → E. Na ficha 4.2, com diferenças, a mancha daria 19 e o O daria 0: a mancha deixa de ganhar.

5 Nível 5 — Desafios

■ 8 min

■ diapositivos 23–25

Em pares, com a medida das diferenças. Cada par escolhe por onde começa; não é preciso fazer os quatro. Diapositivo 24 resume os desafios.

- **5.1 A letra deslocada.** O mesmo I, escrito uma coluna mais à direita. Contra I, T e L dá I 14, T 14, L 16: empate entre I e T, e a letra certa já não ganha sozinho. Centrada, daria I 0, T 4, L 16. O que fazer antes de comparar: **centrar** a letra na grelha (e, nos sistemas reais, também ajustar o tamanho).
- **5.2 Letras parecidas.** Diferenças entre os modelos O, C, G e Q: O–C 3, O–G 3, O–Q 2, C–G 4, C–Q 5, G–Q 5. As mais parecidas são O e Q (2 diferenças); as mais diferentes, C e Q e também G e Q (5). Conclusão a tirar: o robô confunde mais facilmente as letras cujos vetores estão mais perto; numa grelha tão pequena, O e Q quase não se distinguem.
- **5.3 Memória maior.** Um E contra B, E, F, L e P: B 7, E 0, F 4, L 7, P 7. Ganha o E; em segundo fica o F (4). Com mais letras na memória, é mais provável haver uma perto da letra certa: a diferença entre a primeira e a segunda pode diminuir, e o risco de erro cresce.
- **5.4 Inventa uma letra.** Sem solução única. O aluno desenha uma letra (ou um símbolo), escreve os bits e troca com o colega, que a compara com A, O, T, I e L. Uma letra que o robô

«leia mal» é uma que não está na memória ou fica a igual distância de duas que estão; é exatamente o que acontece nos sistemas reais quando aparece algo que nunca viram.

6 Fecho e verificação 5 min diapositivos 26–28

Diapositivo 26: o nosso método é real e tem nome (comparar com o vizinho mais próximo); os sistemas a sério fazem o mesmo com grelhas maiores, tons de cinzento, milhares de exemplos por letra, centragem prévia, redes neuronais que aprendem os traços importantes, e contexto. Diapositivo 27: o percurso completo, da imagem à letra. Terminar com as perguntas da secção «Verificação da aprendizagem», em voz alta ou em papel.

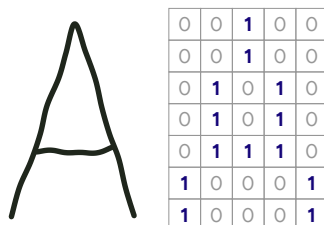
EXPLICAÇÕES PARA O PROFESSOR

Binarizar: da imagem aos bits

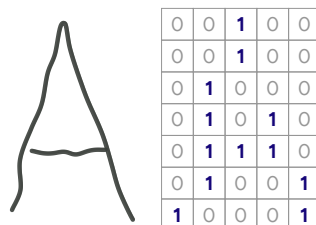
Uma câmara capta milhões de píxeis, cada um com uma cor. Aqui reduzimos a imagem a 35 células (5 colunas × 7 linhas) e a dois valores: 1 se a letra passa pela célula, 0 se não passa. Perde-se informação, de propósito: é o preço de ter algo pequeno que se compara depressa. A grelha 5×7 é a de muitos ecrãs de texto antigos, em que cada carácter era desenhado em 5×7 pontos. O diapositivo 6 trata da decisão nas células de fronteira; nos sistemas reais a mesma dificuldade leva a usar tons de cinzento (quanto do píxel está coberto) em vez de só 0 e 1.

A caligrafia de cada um

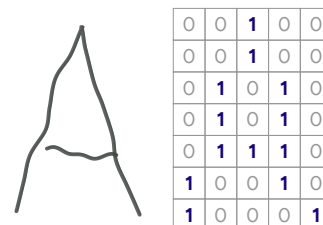
A letra que entra no robô é sempre uma letra escrita por alguém, e duas pessoas nunca escrevem a mesma letra da mesma maneira: a inclinação, a largura, o tremor da mão e a caneta mudam o traço, e o traço muda a grelha. O mesmo A escrito por três pessoas:



caneta azul, direita · 13 bits a 1 · 0
diferenças para o modelo



lápiz, inclinada · 12 bits a 1 · 3
diferenças para o modelo



lápiz fino, nervosa · 13 bits a 1 · 2
diferenças para o modelo

Entre estes três A há 3, 2 e 5 células diferentes; o modelo A da memória fica a 0, 3 e 2 diferenças de cada um. É por isto que a atividade começa sempre na caligrafia (os cartões trazem letras de quatro mãos diferentes, e nos cartões 2.7, 2.8 e 5.4 a mão é a do aluno) e é por isto que um robô com um só modelo por letra acaba por falhar: a secção seguinte e o nível 5 mostram onde.

Matriz e vetor

A grelha é uma **matriz** de 7 linhas e 5 colunas. Para a guardar e comparar, aplanar-se numa fila de 35 bits, o **vetor**: linha 1, linha 2, até à linha 7. Chama-se a isto aplanar (em inglês, **flattening**) e é literalmente o que acontece na memória de um computador, onde tudo é uma sequência. Duas letras na mesma grelha dão vetores do mesmo comprimento, o que permite comparar a posição 1 com a posição 1, a 2 com a 2, até à 35. Nas fichas, a comparação faz-se linha a linha nas grelhas, o que é a mesma coisa sem a fila de 35 dígitos, mais difícil de seguir com o olho.

Medir semelhança: coincidências ou diferenças

Com dois vetores x e y de 35 bits, a medida dos níveis 3 e 4 (primeira parte) conta as posições em que **ambos** têm 1:

$$\text{coincidências}(x, y) = \sum_{i=1}^{35} x_i \cdot y_i$$

É o **produto interno** dos dois vetores. Quanto maior, mais parecidas. A falha: só vê o que coincide. Uma letra da memória que **contenha** a letra lida (o E contém o L) empata com a resposta certa, e um vetor todo a 1 (a «mancha») coincide com tudo, por isso empata ou ganha sempre. Dito de outra forma, a medida favorece quem tem mais 1.

A medida do nível 4 (segunda parte) conta as posições em que os dois vetores **diferem**:

$$\text{diferenças}(x, y) = \sum_{i=1}^{35} |x_i - y_i|$$

É a **distância de Hamming**. Quanto menor, mais parecidas; a própria letra dá 0; a mancha dá 35 menos o número de 1 da letra lida, porque cada 0 da letra é uma diferença. Por isso a mancha deixa de ganhar à letra certa, embora possa ficar mais perto do que outra letra da memória (no cartão 4.2, o O lido fica mais perto da mancha do que do A). O pior resultado possível, 35, é o do vetor oposto, com 1 onde a letra tem 0 e 0 onde tem 1. A distância de Hamming conta o que falta e o que está a mais, e por isso não tem a falha anterior. Para vetores de 0 e 1 é também o quadrado da distância euclidiana, a «distância em linha reta» entre dois pontos, o que liga esta atividade à geometria que os alunos conhecem.

Empates

Com qualquer das medidas pode haver empate (ficha 5.1: o I deslocado fica à mesma distância do I e do T). Um sistema real pode escolher ao acaso, pedir mais informação (que letra vem antes e depois na palavra), ou declarar que não tem a certeza. Boa pergunta para a turma: «Se fosses tu, o que fazias?»

O que os reconhecedores reais fazem de forma diferente

O método da atividade é o **vizinho mais próximo** (em inglês, **nearest neighbour**): guardam-se exemplos e escolhe-se o mais parecido. É um método real e, com uma grelha maior e muitos exemplos por letra, funciona bem com dígitos manuscritos. Os sistemas a sério diferem em cinco pontos que vale a pena dizer aos alunos, sem exagerar nenhum:

1. **Grelhas maiores e tons de cinzento.** Uma referência clássica, o conjunto MNIST de dígitos manuscritos, usa $28 \times 28 = 784$ píxeis, cada um com um nível de cinzento, em vez de 35 bits.
2. **Muitos exemplos por letra.** Em vez de um modelo de cada letra, milhares de exemplos escritos por pessoas diferentes; a letra lida é comparada com todos, e a decisão pode ser por maioria entre os k mais próximos.
3. **Normalização.** Antes de comparar, a letra é centrada e ajustada em tamanho, o que resolve o problema da ficha 5.1. Também se treina com versões deslocadas e rodadas dos exemplos.
4. **Características aprendidas.** Uma rede neuronal não compara píxel a píxel; aprende, a partir dos exemplos, que combinações de píxeis (um traço horizontal ao meio, uma curva fechada) distinguem as letras.
5. **Contexto.** Um leitor de palavras usa a letra anterior e a seguinte e um dicionário; um leitor de matrículas sabe o formato das matrículas.

A tabela de diferenças da ficha 5.2 mostra o que fica igual: mesmo nos sistemas reais, as confusões acontecem entre as classes cujas representações estão mais perto.

SOLUÇÕES

Cada letra manuscrita foi escrita de novo para esta edição, por quatro «escritores» com mão diferente; a solução é a grelha obtida com a regra do diapositivo 6. Nos níveis 1 e 3 os círculos vêm pintados, por isso não há margem; no nível 2 aceitar uma ou duas células diferentes junto à borda.

Nível 1 — Da letra aos bits

1.1 T, 11 bits a 1

1	1	1	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0

1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

1.2 L, 11 bits a 1

1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	1	1	1	1

1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

1.3 O, 16 bits a 1

0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
0	1	1	1	0

0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0

1.4 A, 13 bits a 1

0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1

0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

1.5 E, 18 bits a 1

1	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	1	1	1	1

1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0

1.6 H, 16 bits a 1

1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
0	0	0	0	1

1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

1.7 U, 15 bits a 1

1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
0	1	1	1	0

1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0

1.8 Z, 17 bits a 1

1	1	1	1	1
0	0	0	1	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Nível 2 — Da grelha ao vetor

2.1 I, 11 bits a 1

0	1	1	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	1	1	1	0

0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0

2.2 C, 13 bits a 1

0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	1
0	1	1	1	0

0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

2.3 F, 14 bits a 1

1	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0

1	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0

2.4 N, 20 bits a 1

1	0	0	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	0	0	1	1
1	0	0	1	1
1	0	0	0	1

1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1

2.5 S, 15 bits a 1

0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	1
1	0	0	0	1
0	1	1	1	0

0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	1
1	0	0	0	1
0	1	1	1	0

2.6 M, 19 bits a 1

1	0	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1

2.7 **2.8** a letra é escrita pelo aluno; sem solução única.**Níveis 3 e 4 — comparações**

Para cada cartão: a grelha da letra lida e, por letra da memória, as sete contagens por linha e o total. No nível 3 e nos cartões 4.1 e 4.2 contam-se coincidências (maior ganha); nos cartões 4.3 e 4.4 contam-se diferenças (menor ganha).

3.1 letra A · coincidências

0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1

memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
A	1	1	2	2	3	2	2	13	vence
O	1	0	0	0	0	2	0	3	
T	1	1	0	0	1	0	0	3	

3.2 letra T · coincidências

1	1	1	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0

memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
A	1	1	0	0	1	0	0	3	
O	3	0	0	0	0	0	1	4	
T	5	1	1	1	1	1	1	11	vence

3.3 letra O · coincidências

0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
0	1	1	1	0

memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
A	1	0	0	0	0	2	0	3	
O	3	2	2	2	2	2	3	16	vence
T	3	0	0	0	0	0	1	4	

3.4 letra P · coincidências

1	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	0	1
1	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	0	0	0	0

memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
P	4	2	2	4	1	1	1	15	vence
M	1	2	2	2	1	1	1	10	
U	1	2	2	1	1	1	0	8	

3.5 letra U · coincidências

1	0	0	0	1	memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
1	0	0	0	1	P	1	2	2	1	1	1	0	8	
1	0	0	0	1	M	2	2	2	2	2	2	0	12	
1	0	0	0	1	U	2	2	2	2	2	2	3	15	vence
0	1	1	1	0										

3.6 letra M · coincidências

1	0	0	0	1	memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
1	1	0	1	1	P	1	2	2	2	1	1	1	10	
1	1	0	1	1	M	2	4	4	3	2	2	2	19	vence
1	0	1	0	1	U	2	2	2	2	2	2	0	12	
1	0	0	0	1										
1	0	0	0	1										

3.7 letra E · coincidências

1	1	1	1	1	memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
1	0	0	0	0	E	5	1	1	4	1	1	5	18	vence
1	0	0	0	0	L	1	1	1	1	1	1	5	11	
1	1	1	1	0	H	2	1	1	4	1	1	2	12	
1	0	0	0	0										
1	0	0	0	0										
1	1	1	1	1										

3.8 letra H · coincidências

1	0	0	0	1	memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
1	0	0	0	1	E	2	1	1	4	1	1	2	12	
1	0	0	0	1	L	1	1	1	1	1	1	2	8	
1	1	1	1	1	H	2	2	2	5	2	2	2	17	vence
1	0	0	0	1										
1	0	0	0	1										
1	0	0	0	1										

4.1 letra L · coincidências

1	0	0	0	0	memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
1	0	0	0	0	L	1	1	1	1	1	1	5	11	empate
1	0	0	0	0	E	1	1	1	1	1	1	5	11	empate
1	0	0	0	0	F	1	1	1	1	1	1	1	7	
1	0	0	0	0										
1	0	0	0	0										
1	1	1	1	1										

4.2 letra O · coincidências

0	1	1	1	0	memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
1	0	0	0	1	A	1	0	0	0	0	2	0	3	
1	0	0	0	1	O	3	2	2	2	2	2	3	16	empate
1	0	0	0	1	mancha	3	2	2	2	2	2	3	16	empate
1	0	0	0	1										
1	0	0	0	1										
0	1	1	1	0										

4.3 letra L · diferenças

1	0	0	0	0	memória	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	total	
1	0	0	0	0	L	0	0	0	0	0	0	0	0	vence
1	0	0	0	0	E	4	0	0	3	0	0	0	7	
1	0	0	0	0	F	4	0	0	3	0	0	4	11	
1	0	0	0	0										
1	0	0	0	0										
1	1	1	1	1										

4.4 letra E · diferenças

[illegible]

Nível 5 — Desafios

5.1 letra l · diferenças

[illegible]

5.2 diferenças entre os modelos:

	O	C	G	Q
O	0	3	3	2
C	3	0	4	5
G	3	4	0	5
Q	2	5	5	0

Mais parecidas: O e Q; mais diferentes: C e Q e também G e Q.

5.3 letra E · diferenças

1	1	1	1	1	memória	l.1	l.2	l.3	l.4	l.5	l.6	l.7	total	
1	0	0	0	0	B	1	1	2	0	1	1	1	7	vence
1	0	0	0	0	E	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	1	0	F	0	0	0	0	0	0	4	4	
1	0	0	0	0	L	4	0	0	3	0	0	0	7	
1	1	1	1	1	P	1	1	1	0	0	0	4	7	

5.4 sem solução única; ver o passo 5.

ERROS COMUNS E COMO RESPONDER

O que acontece	O que fazer
Confundir 0 e 1, ou trocar a regra a meio.	Repetir a mnemónica «1 é ligado, pintado». Pedir ao aluno que diga a regra em voz alta antes de continuar.
Deixar células em branco em vez de escrever 0.	Lembrar que a grelha tem sempre 35 valores; uma célula sem nada não é um 0, é um erro de leitura para o robô.
Trocar linhas por colunas no vetor.	«Lemos como um livro: da esquerda para a direita, de cima para baixo.» Mostrar a estante de prateleiras do passo 2.
Pintar ou não pintar as células em que o traço só toca a borda.	Aceitar as duas opções se a regra foi seguida com coerência; é a mesma dúvida dos sistemas reais e é o tema do diapositivo 6.

O que acontece	O que fazer
Contagens por linha erradas no nível 3.	Seguir cada linha com o dedo ou com uma régua nas duas grelhas; conferir em pares; conferir o total: nunca pode ser maior do que o número de 1 da letra lida.
No nível 4, não ver problema no empate.	Perguntar: «Então o robô leu L ou E? Pode responder as duas?» e «O que ganharia uma mancha toda pintada?»
Confundir as duas medidas nos cartões 4.3 e 4.4.	Ler o título do cartão: «Contar diferenças». Numa diferença, um tem 1 e o outro 0; posições com dois 1 ou dois 0 não contam.
«Isto é inteligência artificial?»	É um dos métodos mais simples de reconhecimento de padrões, e um antepassado direto dos atuais: os princípios (transformar em números, comparar, escolher o mais parecido) são os mesmos.
«E letras parecidas, como O e Q?»	É a ficha 5.2: numa grelha tão pequena, O e Q diferem em 2 células. Seriam precisas mais células ou outras características.

INCLUSÃO

A atividade é toda em papel, sem leitura longa, e cada nível tem um gesto só; mesmo assim, há adaptações que mudam muito para alguns alunos.

Dificuldades de leitura

Os cartões têm uma linha de instrução, mas a tarefa explica-se oralmente e por demonstração (diapositivos 5, 10, 15 e 21): ler a instrução em voz alta ao entregar o cartão. Usar fichas-a4.pdf (letra ao dobro). Evitar o vetor escrito em fila (nível 2) se for um obstáculo: a grelha de bits já contém a mesma informação.

Atenção e organização

Entregar um cartão de cada vez e recolher o anterior. Nos níveis 3 e 4, trabalhar uma letra da memória de cada vez, tapando as outras com uma folha. A régua ou o dedo a seguir a linha reduzem saltos de linha. Os níveis estão pensados para durar 8 a 12 minutos cada; anunciar o tempo.

Motricidade fina

Usar fichas-a4.pdf, em que as células têm 10 a 16 mm. Aceitar uma cruz ou um traço em vez do dígito 1 e a célula em branco como 0, desde que o aluno diga a regra. Em pares, um aluno lê os bits em voz alta e o outro escreve.

Visão

As fichas são a preto e branco com contraste alto e sem cor com significado. Projetar o cartão em fichas-a4.pdf ou ampliar ainda mais na fotocopiadora. Descrever a letra manuscrita em voz alta («um A com a barra ao meio»). Nos diapositivos, toda a informação está também no texto, nunca só na cor: as contagens aparecem escritas.

Alunos mais avançados ou mais novos

Avançados: começar o nível 4 sem demonstração, e passar aos desafios 5.2 e 5.4. Mais novos (4.º ano): fazer os níveis 1 e 2 individualmente, o nível 3 em conjunto no projetor com uma só letra da memória, e deixar o nível 4 para uma segunda sessão.

EXTENSÕES

- **Um alfabeto inteiro.** Cada aluno desenha uma letra diferente e escreve o seu vetor; a turma junta os 26 e procura, com a tabela de diferenças da ficha 5.2, os pares mais parecidos.
- **Tons de cinzento.** Repetir o nível 1 com três valores por célula (0, 1 e 2, conforme a letra cobre pouco, algum ou muito do círculo) e ver se a comparação fica mais fiável.
- **Várias amostras por letra.** Guardar na memória três A diferentes em vez de um e decidir por maioria entre os mais próximos; discutir porque é que os sistemas reais guardam milhares.
- **Palavras e contexto.** Dar aos alunos uma palavra em que uma letra fica empatada entre duas hipóteses (por exemplo, «Q_ATRO») e ver como o contexto resolve o que a distância não resolve.
- **Imagens em vez de letras.** A atividade seguinte, «Ver como um robô», descreve imagens por características e usa o mesmo tipo de comparação.

VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Cinco perguntas rápidas, em voz alta ou numa meia folha, no fim da aula.

1. **Uma grelha de 5 colunas e 7 linhas tem quantos bits?** 35.
2. **O que é o vetor de uma letra?** As linhas da grelha escritas uma a seguir à outra, numa fila só de 35 bits.
3. **Porque é que contar só os 1 que coincidem engana o robô?** Porque ignora o que está a mais: uma letra que contém a letra lida, ou uma mancha toda a 1, empata ou ganha.
4. **Como se conta a distância de Hamming entre duas letras?** Posição a posição, contando aquelas em que uma tem 1 e a outra tem 0; quanto menor, mais parecidas.
5. **Diz uma coisa que os reconhecedores reais fazem e que nós não fizemos.** Grelhas maiores com cinzentos; muitos exemplos por letra; centrar a letra antes de comparar; aprender os traços importantes; usar o contexto. Qualquer uma serve.

FONTES E CRÉDITOS

Atividade criada para os Primeiros Bits (Instituto Superior Técnico e TreeTree2) e usada também no programa Faíscas. Esta edição reorganiza os níveis, acrescenta os níveis 4 e 5, substitui as letras manuscritas por desenhos novos e junta as explicações e as soluções. As letras, as grelhas e as soluções foram geradas por programa a partir do mesmo esqueleto de cada letra, pelo que as soluções são verificáveis. Contacto: faiscas@treetree2.org · faiscas.pt

Condições de utilização dos materiais

© Associação TreeTree2. Material do projeto Faíscas.

Os professores com conta aprovada podem usar estes materiais com as suas turmas, partilhá-los com colegas da mesma escola e adaptá-los às suas aulas.

Não é permitido redistribuí-los publicamente (por exemplo, publicá-los num site, numa rede social ou numa plataforma de partilha de materiais), nem vendê-los. Para outros usos, escreva para faiscas@treetree2.org.