

Título dos encontros	Introdução às Redes Neurais: O Neurônio e suas ligações			Sequência: 03
Etapa/Ano	Ensino Médio: ☐ 1º Ano ☒ 2º Ano ☐ 3º Ano			
Nível de Maturidade [link]	Escola	☐ Emergente ☐ Básico ☒ Intermediário ☐ Avançado	Docente	☐ Básico ☒ Intermediário ☐ Avançado
Competências	☐ C1 ☒ C2 ☐ C3 ☒ C4 ☐ C5			
Objetos de Conhecimento	Dados, Neurônios Artificiais, Sensores			
Recursos Educacionais	• Projetor • Quadro Branco • Marcadores ou canetas			
Componentes Curriculares Relacionados	☐ Arte ☐ Língua Port. ☐ Ed. Física	☐ Geografia ☐ História ☒ Matemática	☐ Língua Inglesa ☒ Ciências ☒ Computação	
Palavras-chave	Dados, Neurônios, Neurônios Artificiais, Perceptron, Interpolação-Linear e Teorema da Aproximação Universal.			
Perguntas Importantes	• Como os animais organizam as informações do mundo e interagem com ele? • Como podemos imitar a natureza para construir sistemas de inteligência artificial? • Quais os limites de um neurônio artificial? É fácil simular um? Quantos neurônios precisamos para fazer tarefas complexas? ◦ Que tipos de fenômenos podem ser modelados usando uma interpolação linear?			
Encontros	2	Total de Horas-aula	4	
Objetivos	• Examinar as inspirações biológicas das redes neurais artificiais • Compreender os conceitos de neurônio artificial e redes neurais artificiais ◦ Conhecer o Perceptron ◦ Aplicar uma função de ativação • Configurar um neurônio artificial linear para modelar um fenômeno simples ◦ Observar como vários neurônios podem ser usados para modelar funções mais complexas que a linear			
Habilidades Relacionadas	BNCC: (EM13MAT101) Interpretar criticamente situações econômicas, sociais e fatos relativos às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação, com			

	ou sem apoio de tecnologias digitais. (EM13MAT301) Resolver e elaborar problemas do cotidiano, da Matemática e de outras áreas do conhecimento, que envolvem equações lineares simultâneas, usando técnicas algébricas e gráficas, com ou sem apoio de tecnologias digitais. (EM13MAT302) Construir modelos empregando as funções polinomiais de 1o ou 2o graus, para resolver problemas em contextos diversos, com ou sem apoio de tecnologias digitais. BNCC Computação: (EM13CO05) Identificar os limites da Computação para diferenciar o que pode ou não ser automatizado, buscando uma compreensão mais ampla dos limites dos processos mentais envolvidos na resolução de problemas. (EM13CO10) Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites. Referencial Curricular IA no EM: (EM01IA02) Compreender como a IA realiza o reconhecimento de padrões (EM02IA04) Saber treinar um sistema de IA (EM01IA08) Compreender que a IA pode operar com estruturas de representação múltiplas para o reconhecimento de objetos e construção de conceitos
Práticas Pedagógicas Inovadoras	☐ Aula Enriquecida com Tecnologia ☐ Ensino Híbrido: Sala de aula invertida ☐ Ensino Híbrido: rotação por estação ☐ Ensino Híbrido: rotação individual ☐ Aulas Mão na massa ☐ Aprendizagem baseada em projetos

Sequência Didática - Encontro 1

Motivação: Compreender o que é neurônio artificial

Pré-requisitos: A aula trabalha com os seguintes conceitos:

- Programação e pensamento computacional
- Neurônio e sistema nervoso
- Funções de primeiro grau e gráficos cartesianos

AVISO: Esta aula pode ser feita como uma atividade interdisciplinar com a biologia.

Introdução: Computadores são máquinas simbólicas, por isso existem limites do tipo de problema que se pode resolver com eles. Nós podemos usar conceitos e regras para modelar o conhecimento humano, mas, em algum nível, essa técnica se torna problemática. Como você descreve, por exemplo, um algoritmo para se equilibrar em uma perna? Com certeza, vai haver a necessidade de alguma medida que você não consegue quantificar, uma frase como “quando você se sentir desequilibrando”, na qual não sabemos como descrever esse desequilíbrio.

Redes Neurais são uma forma de se contornar este problema, usando neurônios artificiais como uma técnica para aprender. Inicialmente imaginada em 1943, ela se baseia em modelar o cérebro dos animais, para simular o seu funcionamento em um computador. Nesta aula, vamos apresentar o neurônio biológico e imaginar como podemos simular sua atividade em um computador.

Explicação Inicial: “Você já pensou como os animais, dos seres humanos aos insetos, pensam? Nossa inteligência é parte do sistema nervoso, um complexo responsável por passar informações de um lado para o outro no nosso corpo. Há muito tempo, cientistas da computação estudam como simular esse sistema para construir máquinas capazes de se adaptar e aprender. Como nós podemos fazer essa simulação?”

Reflexão:

Os seus alunos já devem ter alguma noção sobre o sistema nervoso e suas células, os neurônios. Se for necessário, pode ser interessante preparar uma aula de revisão com os alunos, ou preparar um momento de pesquisa. Alguns materiais complementares para essa pesquisa, além do livro didático, incluem:

- <https://pt.khanacademy.org/science/biology/human-biology/neuron-nervous-system/v/anatomy-of-a-neuron>
- <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/neuronios.htm>
- <https://brasilecola.uol.com.br/videos/neuronios.htm>

Faça um brainstorm com os alunos, inicialmente, comece com a pergunta:

- O que é um sistema nervoso e como ele funciona a partir dos neurônios?

Anote no quadro as respostas dos alunos, incentivando-os a descreverem o que podem. Muito provavelmente haverá uma mistura do que o sistema nervoso faz com como ele funciona. Uma segunda pergunta para o brainstorm pode ser feita então:

- Se nós quisermos simular um sistema nervoso em um programa de computador, como podemos fazê-lo?

Anote os modelos que os alunos proporem e, após as exposições, comece a explicação sobre um neurônio. Os principais pontos a serem abordados são:

- Os neurônios são os blocos básicos do sistema nervoso.
- Um neurônio é composto por: Dendritos, um Soma (ou corpo celular) e um Axônio
- O seu funcionamento se dá por meio de **sinapses**, ou as conexões entre neurônios, de dendritos com axônios
 - Os dendritos são receptores, ou seja, contém as sinapses que recebem sinais de outros neurônios
 - Podem ser excitatórios ou inibitórios
 - O axônio é por onde o neurônio envia sinais para outros neurônios
- O neurônio dispara um sinal pelo seu axônio quando atinge um certo nível de excitação, ou seja, quando um determinado conjunto de seus dendritos forem ativados.

Atividade: Reflexo Patelar

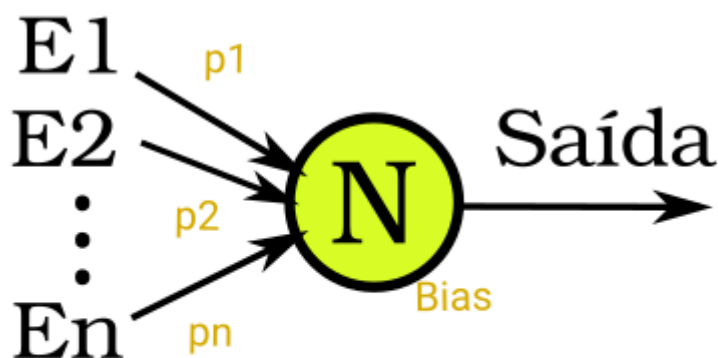
O reflexo patelar é o reflexo causado quando há uma batida no tendão da patela quando o joelho está dobrado e a perna se encontra relaxada e sem carga. Caso os alunos não conheçam, faça uma demonstração para eles. O arco reflexo é um exemplo de um estímulo, no caso não de um neurônio, mas de um nervo, causando uma resposta direta. Será que os alunos conseguem imaginar que os mesmos princípios do sistema motor podem levar a sistemas mais complexos de movimento, equilíbrio e até reconhecimento de imagem?

O reflexo está demonstrado neste vídeo:

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

Podemos criar um modelo simples que vamos chamar de neurônio artificial. Ele será composto de uma série de entradas e uma saída. Cada entrada tem o valor 1, se houver um estímulo, ou zero, se não houver. Ela também possui um peso, um valor pelo qual ela será multiplicada, podendo ser positivo, se a entrada for excitatória, ou negativo, se inibitória. Há também um valor de *bias*, interno ao neurônio. O neurônio será ativado, ou seja, terá sua saída com um valor 1 se a soma dos valores das entradas multiplicadas pelos seus pesos somadas ao bias forem maior ou igual a zero. Caso contrário, ele não será ativado, ficando sua saída com o valor em zero.

Este foi um dos primeiros modelos de neurônio utilizados, chamado perceptron.



Saída = 1, se $E1 \cdot p1 + E2 \cdot p2 \dots En \cdot pn + \text{Bias} \geq 0$

Saída = 0, se $E1 \cdot p1 + E2 \cdot p2 \dots En \cdot pn + \text{Bias} < 0$

Atividade: A pequena lista de exercícios abaixo serve para exercitar o conceito com os estudantes:

- 1) Imagine um neurônio artificial com duas entradas (E1 e E2) e uma saída apenas. Você quer que ele dispare apenas quando receber o sinal de E1, mas não dispare quando receber o sinal de E2. Indique pesos e *biases* possíveis para que isso aconteça.

Resposta: peso E1 = 1; peso E2 = -2; bias = -1

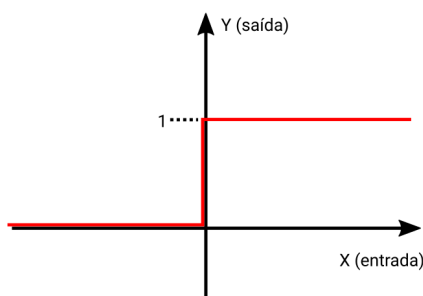
- 2) Você vai usar dois sensores para controlar um carro, o primeiro detecta obstáculos à esquerda do carro e o segundo os obstáculos à direita. Essas entradas (E1 e E2) são ligadas a dois neurônios, a saída do primeiro indica que o carro deve virar à direita, para evitar obstáculos à esquerda, e o segundo, indica uma virada à esquerda, para evitar obstáculos à direita. Indique um conjunto de pesos e *biases* possíveis para que o carro evite os obstáculos e, caso haja dois obstáculos na sua frente, não faça nada.

Resposta: Para o primeiro neurônio (peso E1 = 1; peso E2 = -2; bias = -1), para o segundo neurônio (peso E1 = -2; peso E2 = 1; bias = -1)

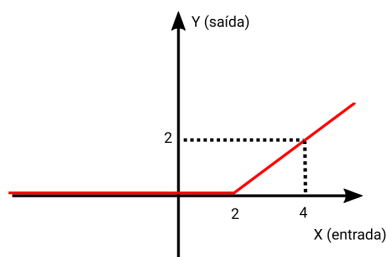
- 3) Você quer adicionar ao exemplo anterior um terceiro neurônio, a saída dele está ligada aos freios do carro, que devem ser ativados se houver obstáculos a frente e a esquerda. Quais os pesos desse neurônio?

Resposta: Peso E1 = 1, peso E2 = 1, bias -2.

- 4) Vamos imaginar um neurônio com uma entrada pode ser qualquer valor real. Desenhe um gráfico cartesiano no qual o eixo Y representa sua saída e o X representa a soma de suas entradas multiplicadas pelo seu peso.



- 5) Agora, vamos imaginar o mesmo neurônio, mas sua saída também não é mais binária, mas também pode ser qualquer número real. Desenhe o gráfico de um neurônio com o peso de entrada de valor 1 e um bias de -2.



Resposta: Não se esqueça que o neurônio só tem uma saída diferente de zero quando seu valor for maior ou igual a zero!

Avaliação	- Participação em sala de aula das atividades propostas - É possível avaliar o desempenho dos alunos nas cinco questões para observar se eles demonstram uma compreensão acerca do funcionamento dos neurônios e da sua relação com funções lineares.
Material Complementar	- https://pt.khanacademy.org/science/biology/human-biology/neuron-nervous-system/v/anatomy-of-a-neuron - https://brasilecola.uol.com.br/biologia/neuronios.htm - https://brasilecola.uol.com.br/videos/neuronios.htm

Sequência Didática - Encontro 2

Motivação: Aplicar um neurônio artificial

Aviso: Esta aula pode ser feita de maneira interdisciplinar, em conjunto com a matemática.

Introdução: Na última aula, vimos como podemos imaginar um neurônio artificial, nesta aula, vamos ver como podemos usá-lo para trabalhar diferentes tipos de dados, e também como podemos treiná-lo de modo automático.

Explicação Inicial: “Vimos um modelo simplificado de neurônio artificial, que possui um funcionamento específico e algumas características matemáticas. Nesta aula, vamos ver como podemos treiná-lo, usando um algoritmo de aproximação para modelar algum fenômeno. Também vamos ver que vimos neurônios lineares, mas que podemos combiná-los para gerar respostas de várias formas.”

Sistemas Lineares: Na última aula, vimos um tipo de neurônios chamado perceptron, que utiliza sinais 1 ou 0 para indicar os seus sinais. Nos exercícios vimos um segundo tipo de neurônio, que vamos chamar de **linear**. Ele tem um funcionamento similar a uma função linear, do tipo:

- $f(x) = a \cdot x + b$, se $a \cdot x + b \geq 0$
- 0, se $a \cdot x + b < 0$

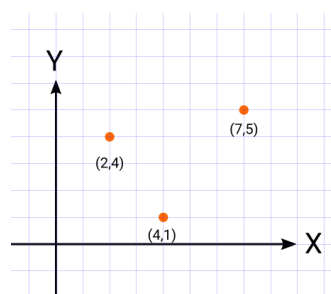
Chamamos a resposta do neurônio de função de ativação. Neste caso, temos uma função linear retificada (algumas vezes ReLU, ou rectified linear unit), uma das várias possíveis.

O segredo dessa função de ativação é a interpolação linear, uma técnica para modelar correlações entre dados de forma linear, e é amplamente utilizada como uma heurística, como uma forma de aproximação. Ela vem de um princípio, que é uma relação linear, proporcional entre duas grandezas.

- Por exemplo, uma empresa de construção tem que instalar um poste de madeira. O poste padrão tem dez metros de altura e pesa uma tonelada, mas o cliente deseja instalar um poste de doze metros de altura, com o mesmo diâmetro. Se a empresa possui um guindaste capaz de levantar duas toneladas, é possível instalar o poste?
 - Resposta: Sim, pois o poste é 20% maior, assim espera-se que ele seja 20% mais pesado, ou tenha 1,2 toneladas.

Atividade: Faça um brainstorm com os alunos de relações lineares. Peça para que eles tragam exemplos que conhecem como, por exemplo, ajustar os ingredientes de uma receita para um bolo. Caso os alunos tenham muitas ideias, você pode usar um mural digital, como o Padlet, para colocar essas relações, até mesmo animações utilizam essa técnica! Use essa atividade para ter um diagnóstico da capacidade deles trabalharem com essas relações.

Se tivermos apenas dois pontos, sempre haverá uma linha reta que passa por eles, o problema acontece quando temos mais de dois pontos. A regressão linear é uma técnica que leva em conta uma perda, um erro acumulado, para ajustar a reta. Vamos aprender um algoritmo simples para aplicar essa técnica no conjunto de dados abaixo:



Nós temos que desenhar uma equação que melhor aproxime estes pontos, para termos um bom modelo desse fenômeno. Se usarmos apenas os pontos de cima, teremos:

- $f(x) = a \cdot x + b$
- $4 = 2 \cdot a + b$
- $5 = 7 \cdot a + b$
 - O que pode ser resolvido como:
 - $1 = 5 \cdot a$
 - $a = \frac{1}{5}$

$$\circ \quad b = 4 - 2 \cdot a = 3\%$$

Com o terceiro ponto, podemos ver que não há uma única reta, então devemos usar um método de aproximação, para encontrar o menor erro possível. Para isso, vamos calcular a chamada perda (Loss), usando os seguintes passos:

1. Comece selecionando uma reta qualquer, como $f(x) = x$
2. Calcule a perda em cada ponto, que é o quadrado da diferença entre o valor da função e o valor do ponto.
3. Some todos os valores para ter a perda, ou um valor referente ao erro.

Agora, altere a função e calcule, novamente, a perda. O desafio é encontrar a função com a menor perda possível, é um processo iterativo e heurístico, pois sua natureza é a de aproximação. Quando escrevemos um algoritmo de treinamento de neurônio, devemos estabelecer a sua sensibilidade, ou a variação das funções que vamos testar. Ela deve ser pequena o suficiente para que as retas não se espalhem demais, mas grande o suficiente para que não precisemos fazer muitos cálculos.

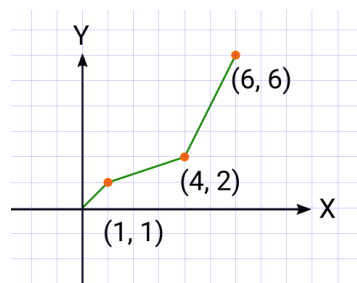
Atividade: Vamos treinar um neurônio?

Crie um cenário, uma correlação que precisa ser feita. Pode ser, por exemplo, a umidade relativa do ar em uma cidade e a expectativa e volume de chuva, ou a concentração de um remédio no sangue e o aumento da pressão sanguínea da pessoa. Desenhe um gráfico, coloque três ou quatro pontos no quadro e peça para os alunos tentarem aproximar uma reta da solução. Compare as diferenças e comente com os alunos sobre a grande quantidade de cálculos a serem feitos, quanto mais dados tivermos, mais complexo será essa aproximação. Inversamente, para que um modelo tenha maior precisão e acurácia, precisamos de mais dados!

Atividade: Sistemas não lineares

São raros os fenômenos que podem ser reduzidos a relações lineares, então como um neurônio artificial pode aumentar a sua capacidade de representação? A resposta é simples, somando a saída de diferentes neurônios. Esse é o teorema da aproximação universal.

Como os neurônios são “ativados” apenas se o seu resultado for maior do que 0, podemos criar zonas de ativação usando o valor de b , ou o seu bias. Assim, podemos ativar diferentes neurônios, criando curvas complexas:



O exemplo acima é composto por três funções:

- $f(x) = x$ para $1 > x \geq 0$
- $f(x) = \frac{1}{3} \cdot x + \frac{2}{3}$ para $2 > x \geq 1$

- $f(x) = x$ para $x \geq 2$

Demonstre as diferentes funções que são ativadas nos neurônios:

- Neurônio 1: $f(x) = x$
- Neurônio 2: $f(x) = -\frac{2}{3} * x + \frac{2}{3}$
- Neurônio 3: $f(x) = \frac{2}{3} * x - \frac{2}{3}$

Após a demonstração, peça para os alunos configurarem um conjunto de três neurônios que simulem uma função quadrática no intervalo de x de 0 a 2. Pergunte para eles, o que acontece se adicionarmos mais neurônios? Podemos simular com maior precisão? Será que conseguem demonstrar.

Encerramento: “Nesta aula, vimos uma pequena parte dos conceitos sobre neurônios artificiais. Apesar de serem simples, neurônios artificiais podem ser ajustados para modelar fenômenos. Vimos que vários neurônios podem ser usados de maneira conjunta para simular diferentes funções, não apenas lineares, e a qualidade do modelo depende não só dos dados que servirão de base para ele, como também pelo número de neurônios usados.

Nota: Alguns alunos podem levantar a questão de que o neurônio não faz relações negativas. Nesse caso, mostre para eles como o *bias* pode ser usado para ajustar o ponto zero da função. Também lembre-os que esta é uma das funções de ativação que existem e não apenas podemos usar outras, mas também podemos preparar os dados recebidos para serem melhor modelados por essa técnica.

Avaliação	- Entrega das análises produzidas em aula - Observe as respostas dos alunos sobre as atividades de modelagem, se eles demonstram compreensão desses conceitos e como fazem sua arguição. É importante ressaltar que este é um tema complexo, que exige habilidades de matemática abstratas, o que pode ser difícil para muitos alunos.
Material Complementar	VICARI, Rosa Maria; BRACKMANN, Christian; MIZUSAKI, Lucas; GALAFASSI, Cristiano. Inteligência Artificial na Educação Básica. 1. ed. São Paulo, SP: Novatec Editora, 2023. Disponível em: https://novatec.com.br/livros/inteligencia-artificial-na-educacao-basica/ .