MÓDULO IV

Tema 3

Resumo

Título

Aproveitamento de energia renovável - Construção de um anemómetro

Duração	45 minutos
Faixa etária dos alunos	10-14

Resumo do tema

A energia eólica é gerada a partir do vento e é uma fonte de energia limpa e sustentável. Atualmente, é uma das grandes produtoras de energia limpa do planeta. No entanto, embora apresente muitas vantagens, como o baixo nível de pegada de carbono e a não emissão de partículas para a atmosfera, uma das suas maiores desvantagens é a dependência das condições climáticas. A energia é gerada através do movimento das lâminas de um moinho de vento ou aerogerador. Essas lâminas movem-se ao serem empurradas pelo vento, pelo que é necessária a presença de vento para gerar eletricidade. Além disso, quanto maior a velocidade do vento, maior é a geração de energia eólica. Nesta sessão, construiremos um anemómetro, um dispositivo que mede a velocidade do vento. Utilizando um sensor específico e uma placa Arduino UNO, os alunos serão capazes de conhecer a velocidade do vento.

Resultados da aprendizagem

Finalidade/Objetivos de aprendizagem

- Ensinar aos alunos uma forma relativamente precisa de medir a velocidade do vento.
- Interpretação dos resultados para conhecer a viabilidade de projetos de geração de energia eólica.
- Conhecer a importância que a velocidade do vento tem na nossa sociedade.

Objetivos transversais

- Conhecer outras maneiras, além da empírica, para medir magnitudes.
- Adquirir conhecimentos básicos sobre eletrónica e programação.

Conexão com Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Este tema está diretamente alinhado com os ODS 4 e 7. A Meta 4.7 visa garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos necessários para promover o desenvolvimento sustentável, enquanto a Meta 7.1 foca a importância de garantir acesso à energia limpa e sustentável, como a gerada pela energia eólica. A construção de um anemómetro não só promove a aprendizagem prática e a compreensão da meteorologia, mas também está

ligada à medição da velocidade do vento, essencial para avaliar a viabilidade de projetos de energia eólica.

Implementação

Facilitação

- Certifica-te de que todos os recursos e materiais estão prontos antes de começar a aula.
- Serão manuseados dispositivos eletrónicos. Presta atenção especial ao manusear estes elementos, devido à sua delicadeza e à carga elétrica que podem ter. Ao manipulá-los, desliga-os sempre da rede elétrica ou de outros equipamentos.
- Quando a velocidade do vento for elevada, o anemómetro irá girar a grande velocidade. Mantém sempre o sensor a uma distância de segurança para evitar choques com pessoas ou outros objetos.
- Certifica-te de utilizar materiais recicláveis ou reciclados sempre que possível.

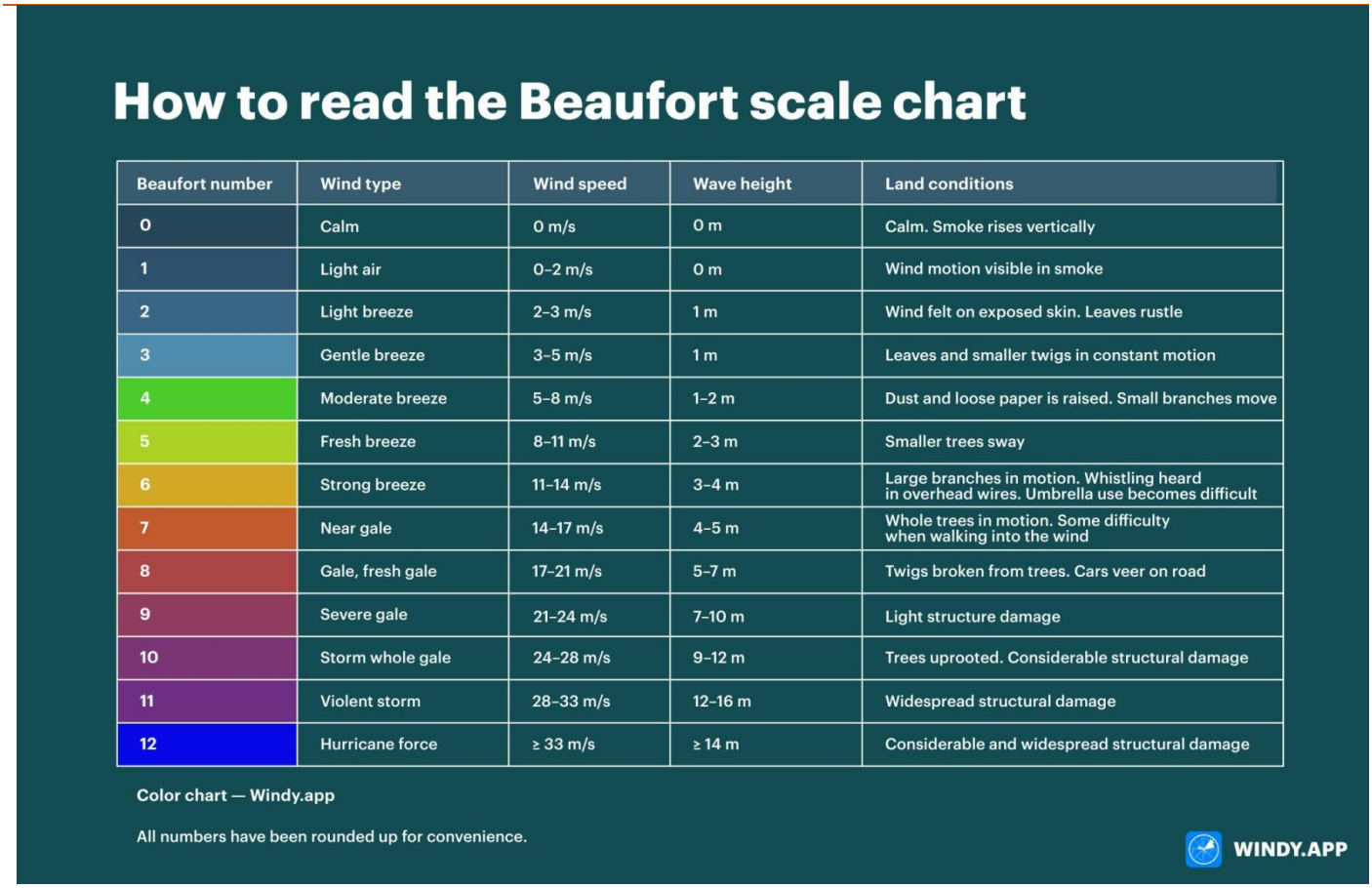
Recursos / Materiais necessários

- Computador com o Arduino IDE instalado
- Placa de desenvolvimento Arduino UNO R3
- Cabo USB tipo B
- Adaptador de corrente com conector de barril macho de 9 volts
- Anemómetro para Arduino UNO R3 com saída de tensão de 0 a 5 volts

Ideias para continuar

Com a capacidade de conhecer a velocidade do vento em qualquer ponto, poderia realizar-se uma atividade nas imediações do local da sessão, procurando aqueles pontos onde a instalação de um moinho seria mais viável. É importante destacar que se trata de um exercício teórico, pois, provavelmente, não seriam cumpridas todas as regulamentações para a instalação de uma turbina eólica. Para isso, seria necessário analisar a velocidade do vento em diferentes momentos do dia em vários pontos. Por exemplo, estudar três localizações a que se poderia aceder em três momentos distintos do dia. Para tornar a medição mais fiável, poderiam ser formadas equipas com três anemómetros, permitindo medir a velocidade do vento nos três pontos de forma simultânea. A localização ideal seria aquela que apresentasse a maior velocidade média.

Também se poderia falar da Escala de Beaufort, uma medida empírica da velocidade do vento, que se baseia, principalmente, no estado do mar, nas ondas e na força do vento.



Esta escala foi desenvolvida por volta de 1805, quando não se podia medir a velocidade do vento como se faz hoje em dia. Se for possível, uma atividade interessante seria verificar a escala com o anemómetro e verificar a sua precisão. É importante destacar que as velocidades da tabela (assim como as indicadas nas previsões meteorológicas) são medidas a uma altura de 10 metros sobre o solo. A 2 metros, a velocidade pode ser de 50 a 70% das velocidades anteriores. Mais informações sobre esta escala podem ser encontradas na seguinte ligação: Escala de Beaufort.

Fontes/Materiais para preparação da aula

O vento é uma massa de ar em movimento que resulta das diferenças de pressão na superfície da Terra, movendo-se de zonas de alta pressão para zonas de baixa pressão. Este fenómeno pode ser causado pelas variações no aquecimento da superfície terrestre devido à radiação solar. Se deseja mais informações sobre o vento, pode consultar as fontes da Royal Meteorological Society (What is wind?) e da National Geographic (Wind), e mostrar aos alunos este vídeo no YouTube: O vento e o seu impacto.

O anemómetro é o dispositivo utilizado para medir a velocidade do vento, e um dos tipos mais comuns é o anemómetro de copos, que consiste em várias copos unidos a um eixo. Estes copos giram com a velocidade do vento, e quanto maior a velocidade, maior é a rotação. Se desejar mais informações sobre como utilizar um anemómetro de copos, pode visitar o seguinte link: How to use a cup anemometer. Para verificar a velocidade e direção do vento em qualquer parte do mundo, pode usar o site Windy.

A velocidade do vento é um dado crucial não só nos relatórios meteorológicos, mas também para a segurança e sucesso de atividades como windsurf, paraquedismo e parapente. Também é essencial para profissões como a limpeza de janelas ou o trabalho na construção

a grandes altitudes, pois um vento forte pode representar um perigo grave. Além disso, a medição precisa da velocidade do vento é fundamental para prever fenómenos meteorológicos extremos como tornados e furacões, e é essencial para a viabilidade de projetos eólicos.

Para realizar esta sessão prática, são necessários os seguintes elementos:

- Arduino UNO R3
- Anemómetro com saída em tensão de 0 a 5 Volt
- Adaptador de corrente de 9V com conector de barril

Este guia de programação e montagem pode ser realizado com estes modelos específicos, embora possa ser adaptada a outros modelos de anemómetros, sempre que se tenham em conta as suas características particulares. O Arduino UNO R3 é uma placa ideal para começar na programação e na eletrónica, pois permite realizar uma grande variedade de projetos, como sistemas automáticos de rega, ligar e desligar luzes consoante a luz ambiental, entre outros.

Através do uso do Arduino IDE, poderá programar a placa e ler os sinais do anemómetro para convertê-los em dados da velocidade do vento, abrindo a porta à criação de sistemas que utilizem esta informação, como a previsão de condições meteorológicas ou a otimização de parques eólicos.

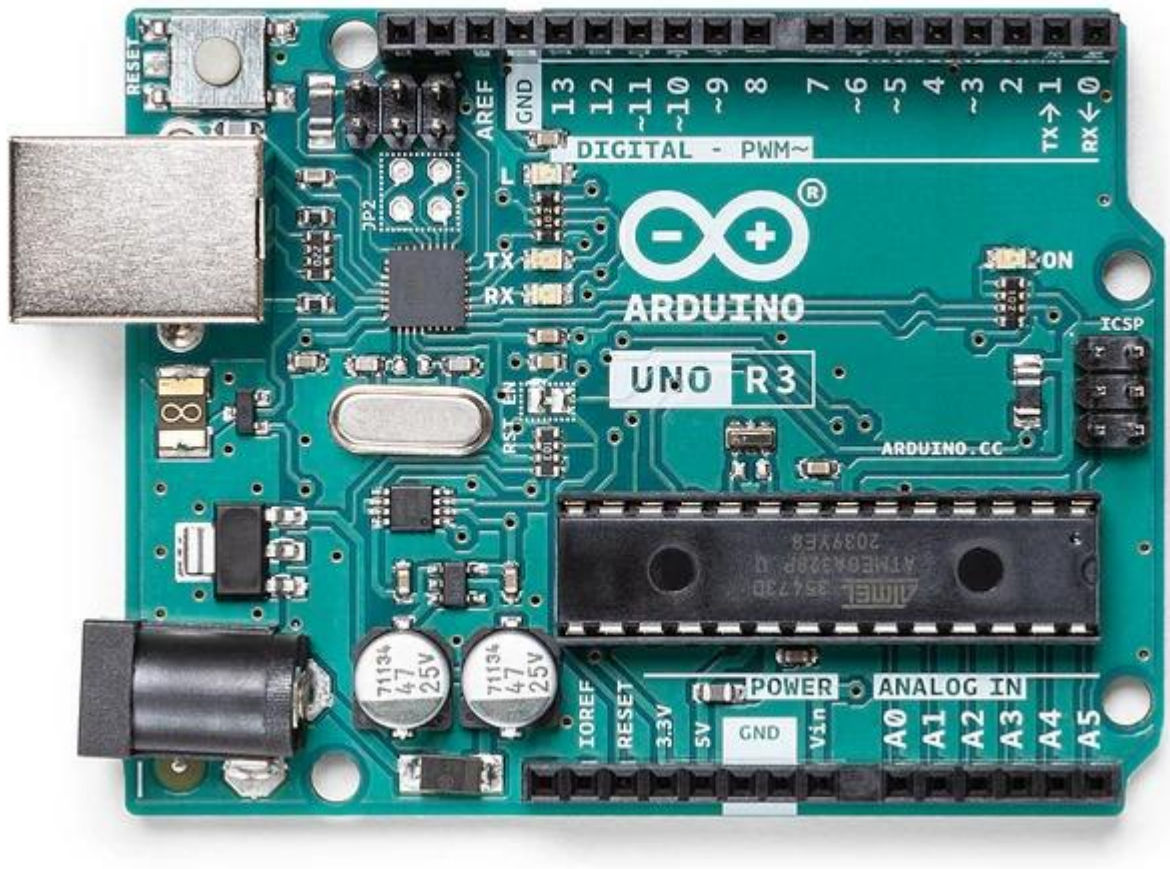


Figura 4.3.2 – Placa de desenvolvimento Arduino UNO R3 Fonte: Arduino. Ligação.

Uma das formas mais fáceis de programar esta placa de desenvolvimento é através do Arduino IDE (https://www.arduino.cc/en/software), que permite desenvolver e carregar o código, escrito na linguagem de programação Arduino, para a placa. A linguagem de programação Arduino é baseada em C e C++. A estrutura de um código Arduino divide-se em duas funções: setup e loop. A Figura 4.3.3 mostra a estrutura básica de um código Arduino, gerada automaticamente ao criar o ficheiro.

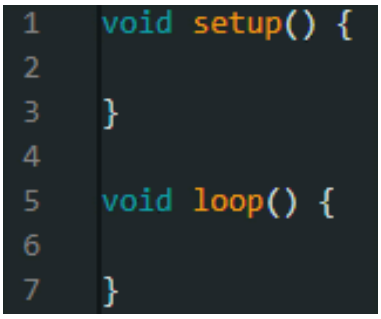


Figura 4.3.3 – Estrutura básica de um código Arduino

A primeira função, setup (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/structure/sketch/setup/), é executada apenas uma vez, no momento de iniciar o programa. Utiliza-se para inicializar variáveis, configurar as entradas/saídas da placa, iniciar bibliotecas específicas, etc. Ou seja, todo o código (as instruções que quisermos executar) contido nesta função é executado uma única vez no início.
A outra função, loop (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/structure/sketch/loop/), executa-se continuamente enquanto a placa de desenvolvimento estiver ativa. Todo o conteúdo desta função repete-se de forma cíclica, uma vez após outra. Normalmente, o código necessário para realizar a tarefa desejada será colocado neste espaço.
No Arduino IDE, além de desenvolver o código, também é possível compilar o código (verificar a existência de erros de sintaxe ou outros) e carregá-lo na placa de desenvolvimento. Estas duas ações podem ser realizadas através dos botões correspondentes, localizados no canto superior esquerdo do ambiente. A Figura 4.3.4 destaca esses dois botões no Arduino IDE.



Figura 4.3.4 – Botões de verificar e carregar o código

Na ligação seguinte (https://docs.arduino.cc/language-reference), encontra-se a ajuda oficial da Arduino sobre as funções da linguagem.

Nesta sessão, utilizaremos variáveis inteiras e flutuantes, a porta de série e a leitura analógica de uma entrada. As variáveis inteiras (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/variables/data-types/int/) podem armazenar números inteiros, desde -32.768 até 32.767. Por exemplo, uma variável inteira pode armazenar o valor 8, 19, 26 ou -1, mas não pode armazenar o número 0,5, que é decimal. Para armazenar esse valor, é necessário usar variáveis flutuantes (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/variables/data-types/float/), que permitem o uso de números com ponto decimal.

Outra função que será utilizada é a analogRead (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/analog-io/analogRead/), que lê um valor analógico, ou seja, um valor contínuo, e converte-o num valor digital, ou discreto, que é interpretado pela placa. No caso do Arduino UNO, o intervalo de entrada analógica é de 0 a 5V, sendo convertido para um número inteiro entre 0 e 1023.

Por fim, usaremos as funções da porta de série (https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/communication/Serial/) para comunicação com o computador. Basta configurar a comunicação e especificar a mensagem a enviar.

Outro elemento essencial nesta sessão é o anemómetro. Trata-se de um sensor, ou seja, um dispositivo capaz de medir uma grandeza física (neste caso, a velocidade do vento) e devolver essa informação numa forma de sinal elétrico. Embora a sinalização elétrica possa variar, focar-nos-emos no formato utilizado nesta sessão: a tensão. O anemómetro transforma a velocidade do vento em tensão elétrica, medida em volts. O seu funcionamento é simples: possui ímanes acoplados ao eixo dos copos, e, à medida que o vento faz girar os copos, os ímanes movem-se, gerando uma tensão no condutor, conforme a Lei da Indução Eletromagnética de Faraday. Esta tensão, previamente condicionada, é enviada para a saída do anemómetro. O anemómetro recomendado para a sessão é o seguinte: https://www.dfrobot.com/product-1114.html.

No nosso caso, o anemómetro gera uma tensão entre 0V e 5V conforme a velocidade do vento. Por exemplo, o anemómetro recomendado para esta sessão devolve 5V para uma velocidade do vento de 30 m/s, 2,5V para 15 m/s, e 0V para vento a 0 m/s. A Figura 4.3.5 mostra a reta de correlação entre a tensão do sensor (eixo X) e a velocidade do vento (eixo Y).

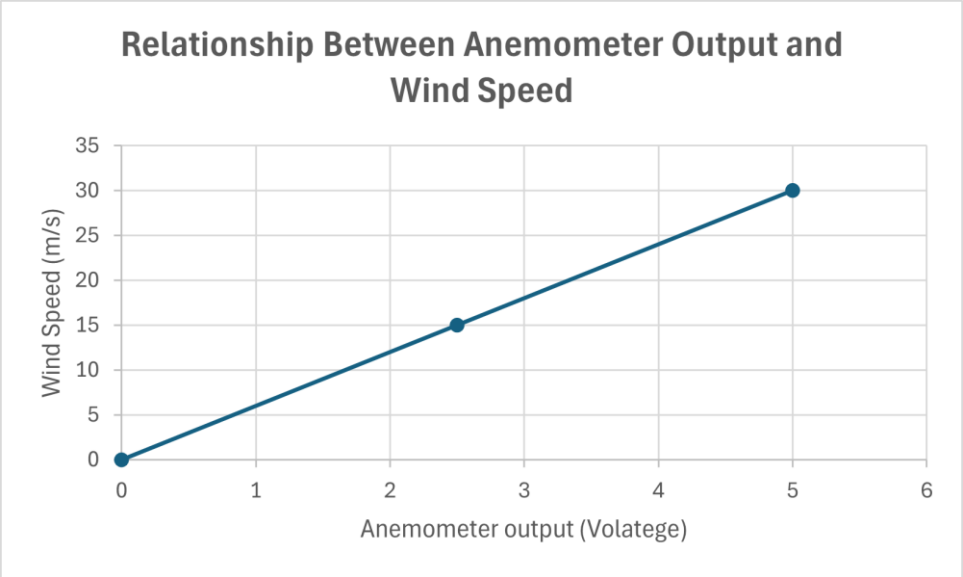
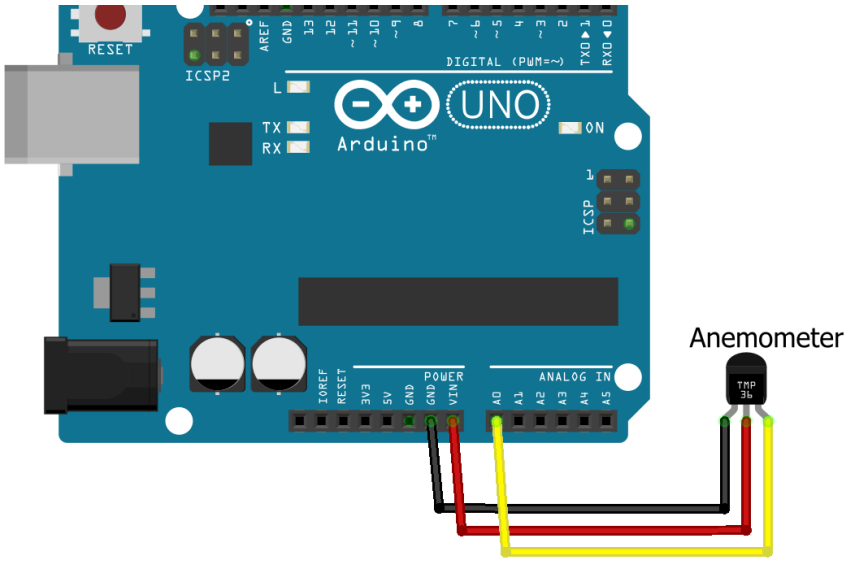


Figura 4.3.5 – Correlação entre a tensão de saída do anemómetro e a velocidade real do vento

Resumindo, o anemómetro gerará uma tensão na sua saída em função da velocidade do vento. A placa de desenvolvimento Arduino UNO encarregar-se-á de ler esta tensão e de realizar as operações adequadas para converter a tensão em velocidade do vento.

Esquema do tema

Duração	Instruções passo a passo
5min	Desembalar cuidadosamente o anemómetro. Aproveitar este momento para conhecer as suas características elétricas e o seu funcionamento.
10min	Realizar a montagem do circuito. Este será constituído por um anemómetro de copos, responsável por medir a velocidade do vento; um Arduino UNO R3, encarregado de calcular e apresentar a velocidade do vento; e um adaptador de rede, responsável por alimentar os dispositivos. Primeiro, conecte o fio preto (GND) do anemómetro a qualquer pin GND da placa Arduino. Em seguida, ligue o fio amarelo do anemómetro (sinal de tensão) ao pin A0 da placa Arduino. Depois, conecte o fio vermelho (VCC) do anemómetro ao pin VIN da placa Arduino. A Figura 4.3.6 mostra o esquema de montagem elétrica.  *Figura 4.3.6 – Montagem elétrica do anemómetro* Por último, conecte o adaptador de rede à entrada Jack da placa Arduino para fornecer a alimentação necessária ao circuito.
10min	Conectamos a placa Arduino ao computador através do cabo USB tipo B e abrimos o IDE de Arduino. Em seguida, começamos a programar o Arduino. Declaramos e atribuímos valor, com base no anemómetro utilizado, à velocidade máxima possível e à tensão que a indica (de acordo com o anemómetro). Inicializamos a porta de serie para estabelecer comunicação com o computador, utilizando uma taxa de 9600 baudios. A Figura 4.3.7 reflete as instruções que devem ser incluídas no código para realizar esses procedimentos. `float maximum_sensor_voltage = 5.0;` `float maximum_wind_speed = 30.0;` `void setup() {` `  Serial.begin(9600);` `}` *Figura 4.3.7 – Inicializando variáveis e a comunicação serial*

15min	Realizar a leitura do pino A0. Neste pino encontra-se conectada a saída do anemómetro, que variará entre 0 e 5 volts. A leitura do Arduino devolverá um valor entre 0 e 1023, sendo 0 quando o anemómetro estiver a gerar 0V e 1023 quando a sua saída for de 5 volts. Este valor será armazenado numa variável inteira chamada sensorValue. Antes de o converter para velocidade, é necessário conhecer a tensão correspondente, pelo que é feita a conversão e armazenada numa variável flutuante chamada sensorVoltage. Por fim, realiza-se a conversão entre a tensão do anemómetro (armazenada em sensorVoltage) e a velocidade do vento (windSpeed). A Figura 4.3.8 mostra o código para realizar todo este processo `void loop() {` `  int sensorValue = analogRead(A0);` `  float sensorVoltage = sensorValue * (5.0/1023.0);` `  float windSpeed = sensorVoltage * maximum_wind_speed/maximum_sensor_voltage;` *Figura 4.3.8 – Leitura do anemómetro e conversão para velocidade do vento* Para isso, utilizam-se as variáveis maximum_wind_speed e maximum_sensor_voltage, que permitem modificar facilmente os intervalos da conversão para adaptar o código a diferentes sensores.
5min	Realizar o envio do valor da velocidade para o computador para poder verificar o seu valor através da porta de série deste (disponível a partir do Arduino IDE). Em primeiro lugar, envia-se um texto fixo "A velocidade do vento é:". Posteriormente, envia-se a velocidade calculada e, por último, indicam-se as unidades da velocidade. Modifique este último campo caso queira mostrar a medição numa outra unidade. A Figura 4.3.9 mostra a mensagem a ser enviada através da porta de série. `Serial.print("The wind speed is: ");` `Serial.print(windSpeed);` `Serial.println(" m/s.");` *Figura 4.3.9 – Envio da velocidade do vento ao computador*
5min	Por último, realizar uma espera para que o cálculo da velocidade do vento seja periódico e não se realize de forma contínua. Uma espera de 500 milissegundos (0,5 segundos) é um bom valor. A Figura 4.3.10 mostra a espera implementada no código. `delay(500);` `}` *Figura 4.3.10 – Espera de 500ms entre leituras da velocidade do vento*

Avaliação formativa

Feedback

Net Promoter Score (NPS) é uma ferramenta amplamente utilizada para medir a lealdade e a satisfação dos clientes ou, num contexto educativo, dos estudantes. Mede a probabilidade

de os estudantes recomendarem o tema ou o curso a outras pessoas. Segue-se a explicação de como analisar e aplicar o NPS:

Desenvolvimento da pergunta NPS:

- Pergunta principal: "Numa escala de 0 a 10, qual é a probabilidade de recomendar este tema a outros estudantes?"
- Perguntas de seguimento: "Porque escolheste essa pontuação?" e "Como podemos melhorar este tema?"

Recolha de respostas:

- Inquéritos digitais: Usar ferramentas online como Google Forms, SurveyMonkey ou Typeform para recolher as respostas dos estudantes.
- Inquéritos em papel: Distribuir questionários em papel no final da aula para que os alunos preencham. No Anexo, apresenta-se um modelo para recolher respostas com inquéritos em papel.
- Aplicações interativas: Usar aplicações interativas como Quizziz, Mentimeter ou Kahoot! para recolher respostas em tempo real.

Classificação das respostas:

- Promotores (Pontuação 9-10): Estudantes muito satisfeitos e propensos a recomendar o tema.
- Passivos (Pontuação 7-8): Alunos satisfeitos, mas não entusiasmados; poderiam facilmente mudar de opinião.
- Detratores (Pontuação 0-6): Alunos insatisfeitos e com poucas probabilidades de recomendar o tema; podem fornecer críticas construtivas.

Cálculo do NPS:

- Fórmula: NPS = % de promotores - % de detratores.
- Interpretação da pontuação: O NPS varia entre -100 e +100. Uma pontuação positiva (acima de 0) é geralmente boa, e uma pontuação superior a 50 é excelente.

Analisar e utilizar os comentários:

- Rever os comentários para compreender as razões subjacentes às pontuações.
- Identificar padrões e áreas específicas de melhoria entre os detratores e os passivos.
- Utilizar os comentários positivos dos promotores para reforçar os aspetos positivos do tema.

Anexos

Código de programação da placa de desenvolvimento Arduino UNO R3.

```
float maximum_sensor_voltage = 5.0;
float maximum_wind_speed = 30.0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(A0);
  float sensorVoltage = sensorValue * (5.0/1023.0);
  float windSpeed = sensorVoltage * maximum_wind_speed/maximum_sensor_voltage;

  Serial.print("The wind speed is: ");
  Serial.print(windSpeed);
  Serial.println(" m/s.");

  delay(500);
}
```

QUESTIONÁRIO PARA RECOLHER FEEDBACK DO TEMA

Numa escala de 0 a 10. Qual a probabilidade de recomendares este tema a outros alunos?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nada provável Muito provável

Porque escolheste esta avaliação?

Como se poderia melhorar este tema?