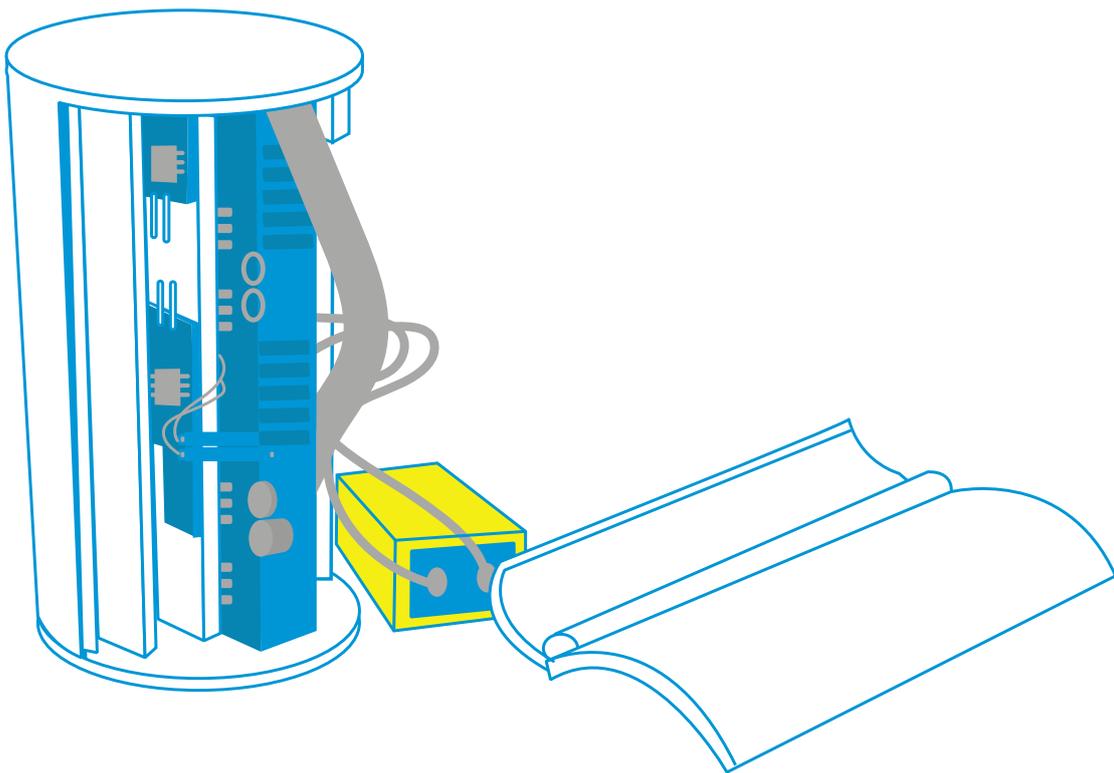
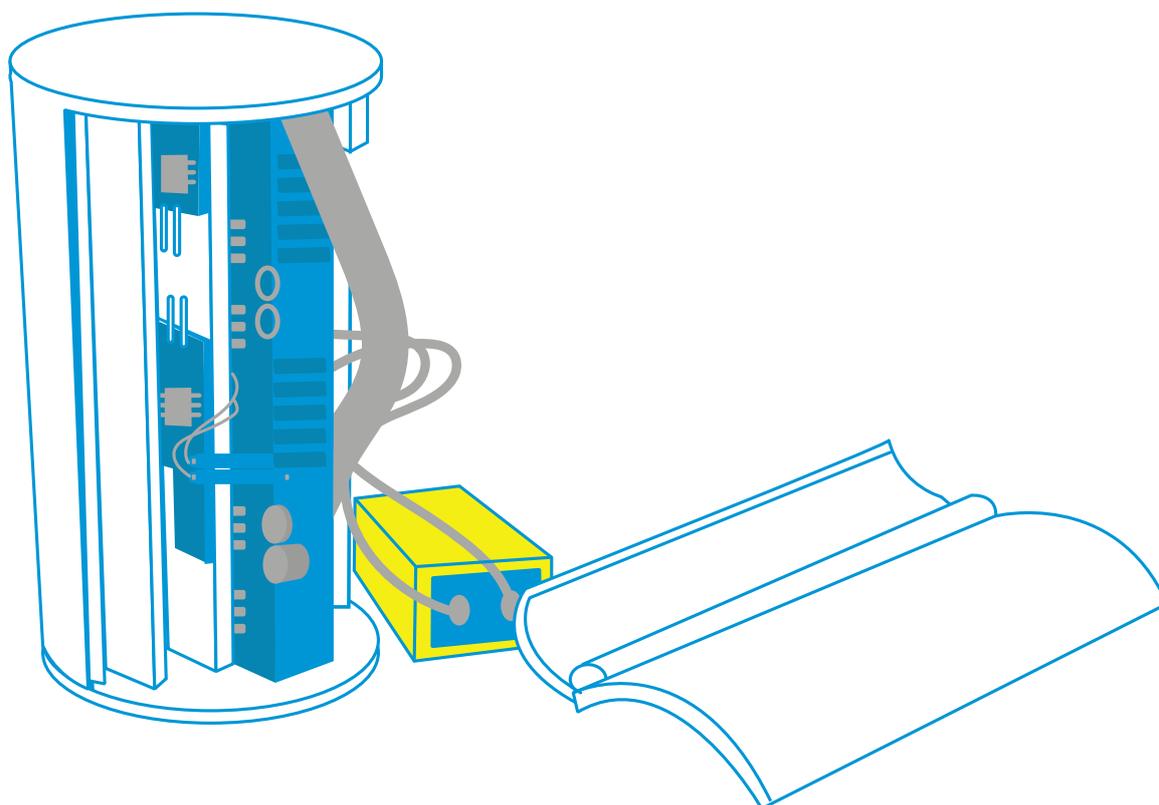


# Ensinar com o espaço

## → VAMOS CONSTRUIR UM CANSAT

Um guia para a Missão Primária





Notas	página 3
Sumário das atividades	página 4
Introdução	página 5
Atividade 1: Componentes básicos	página 6
Atividade 2: Eletrónica básica	página 6
Atividade 3: Comunicar com o teu CanSat	página 7
Atividade 4: Vamos juntar tudo	página 7
Fichas de trabalho	página 8
Links	página 26

Ensinar com o espaço – vamos construir um cansat | T08  
[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

O Departamento Educacional da ESA agradece feedback e comentários  
[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

Uma produção da ESA Educacional em colaboração com a ESERO Bélgica e  
ESERO Irlanda

Copyright 2017 © European Space Agency

# → VAMOS CONSTRUIR UM CANSAT

## Um Guia para a Missão Primária

### Notas

**Nível etário:** 14 - 20 anos

**Área curricular:** eletrónica, programação, matemática

**Complexidade:** Média

**Duração:** 90 minutos

**Metodologia:** trabalho de projeto

**Documentos de apoio:** Conhece o Arduino!  
Comunicar por rádio, Projeta o teu paraquedas  
**Palavras chave:** Sensores, Resistência, Rádio, Comunicação, Protocolos, Soldagem, CanSat

### Os alunos vão aprender

- Os conhecimentos básicos necessários para montar e executar a Missão Primária do CanSat
- Como funcionam os sensores: o sensor de temperatura e o sensor de pressão atmosférica
- Eletrónica básica: lei de Ohm
- Como recolher informação de um sensor baseado numa resistência – utilizando um circuito divisor resistivo
- Soldadura

### Breve descrição

Este módulo descreve as características principais da Missão Primária do CanSat. Na Missão Primária, as equipas têm de medir a temperatura e a pressão e enviar a informação para a estação Terra. Os alunos vão aprender as diferenças existentes entre os sensores que podem usar e sobre os desafios associados à conclusão da Missão Primária. Este módulo está projetado em conjunto com uma série de recursos para apoiar toda a missão do CanSat.

## → Sumário das atividades

Sumário das atividades					
	Titulo	Descrição	Resultado esperado	Pré-requisitos	Duração
1	Componentes básicos	São apresentados aos alunos todos os componentes básicos do CanSat.	Os alunos vão ser capazes de escolher quais os sensores mais adequados para um CanSat e explicar porquê.	Nenhum	30 minutos
2	Eletrónica básica	Os alunos são orientados para aplicar a lei de Ohm às resistências e a um circuito divisor resistivo	Os alunos vão-se familiarizar com o funcionamento dos sensores baseados em resistências e qual o seu objetivo num CanSat.	Atividades anteriores	15 minutos
3	Comunicar com o teu CanSat	Esta atividade inclui informação sobre como um CanSat comunica com a estação Terra, e protocolos de comunicação para eletrónica.	Os alunos vão aprender conhecimentos básicos das comunicações sem fios e como é que os componentes de um circuito comunicam uns com os outros.	Atividades anteriores	20 minutos
4	Vamos juntar tudo	Esta atividade faz um resumo da montagem de um CanSat: encaixar todos componentes, soldagem, energia e o envólucro.	Os alunos vão avaliar a importância de uma boa técnica quando fizerem soldagens, e vão conseguir selecionar todos os componentes adequados para a Missão Primária.	Atividades anteriores	25 minutos

## Introdução

A competição do CanSat tem dois desafios principais: A Missão Primária e a Missão Secundária. Na Missão Primária, as equipas do CanSat têm de gravar os valores da temperatura e da pressão do ar com o CanSat e enviarem os dados para a estação Terra. A Missão Secundária é um desafio aberto para o qual se pede às equipas que criem um projeto de investigação usando o CanSat. Para concluir com sucesso a Missão Primária, as equipas têm de compreender a eletrónica básica envolvida e como podem usar sensores para medir a temperatura e a pressão. O objetivo principal deste guia é o de fornecer este conhecimento base.

Seguindo este recurso e identificando os elementos necessários para concluir a Missão Primária a tua equipa terá toda a informação necessária para começar o desafio do CanSat da ESA!

## Missão Primária do CanSat

A equipa tem de construir um CanSat e programá-lo para que realize a seguinte Missão Primária obrigatória:

Depois de libertado e durante a descida, o CanSat deve medir os parâmetros seguintes e transmitir os respetivos dados de telemetria para a estação Terra pelo menos uma vez em cada segundo:

- Temperatura do ar
- Pressão do ar

No projeto final do CanSat isto será, provavelmente, parte de um circuito muito mais complexo com componentes que também vão estar relacionados com a Missão Secundária.

Inicialmente é preferível montar circuitos utilizando uma breadboard que não necessite de soldagens. Depois de verificar o circuito e o código para ter a certeza que funciona, os componentes podem ser soldados na posição respetiva na placa do sensor (*Arduino shield*).

No final deste recurso pode-se encontrar vários links para websites que falam dos diferentes componentes que vamos analisar.

## Atividade 1: Componentes básicos

Esta atividade dá aos alunos uma visão geral dos componentes chave exigidos para a Missão Primária do CanSat. Ao considerarem as diferentes opções disponíveis para cada componente os alunos podem avaliar a complexidade da missão do CanSat,

### Exercício 1

#### 1. Que possíveis problemas adicionais podem existir quando se usa um termistor para medir a temperatura do ar?

Quando uma corrente elétrica atravessa uma resistência, gera-se calor. Isto significa que ao medir a temperatura esta será mais elevada que a temperatura ambiente, devido ao aquecimento da resistência. Isto pode ser ainda mais importante se o sensor de temperatura for colocado perto de outros componentes, tais como o microcontrolador, já que eles também produzem calor.

## Exercício 2

Pede-se aos alunos para completarem uma tabela com informação sobre diferentes sensores, incluindo o BMP280. Eles devem ser encorajados a orientarem a sua própria investigação independente, por exemplo usando a internet e fichas técnicas. Eles podem explorar diferentes tipos de sensores (pressão, temperatura) e diferentes modelos do mesmo tipo, como por exemplo compararem dois sensores de temperatura.

## Atividade 2: Eletrónica básica

Agora que os alunos se familiarizaram com os componentes chave da Missão Primária do CanSat, eles estão preparados para aprenderem como funcionam estes componentes. Esta atividade fornece informação sobre a lei de Ohm bem como informação de como calcular o valor de uma resistência e de como montar um circuito divisor resistivo.

## Exercício

### 1. Qual é o valor da resistência indicada em baixo?

Consultando o diagrama, o valor é  $15 \times 100\Omega$  ou  $1500\Omega$

## Exercício Extra

Neste exercício os alunos têm de utilizar a sua agilidade matemática para reorganizar e combinar duas equações dadas em baixo e obter uma expressão para  $V_{saída}$ .

$$V_{entrada} = I(R1 + R2) \quad e \quad V_{saída} = I(R2)$$

O primeiro passo é fazer  $I$  a variável das duas equações:

$$I = \frac{V_{entrada}}{(R1 + R2)} \quad e \quad I = \frac{V_{saída}}{R2}$$

Seguidamente, substituímos o  $I$  da primeira equação pela expressão da segunda, vem:

$$\frac{V_{entrada}}{(R1 + R2)} = \frac{V_{saída}}{R2}$$

Finalmente, reorganizamos a equação para que  $V_{saída}$  seja a variável (multiplicando por  $R2$ ). Isto dá:

$$V_{saída} = \frac{V_{entrada}R2}{(R1 + R2)}$$

Esta equação permite-nos calcular a diferença de potencial (d.d.p.) de saída de um circuito divisor resistivo, desde que se conheça a d.d.p. de entrada e o valor das duas resistências. Este é o princípio básico de muitos sensores.

## Atividade 3: Comunicar com o CanSat

Esta atividade leva-nos a consultar o trabalho anterior referente a como comunicamos com os CanSats. Os alunos devem conseguir preparar a eletrónica necessária para cumprir a Missão Primária, mas existe um passo fundamental que ainda falta! A informação que o CanSat coleta tem de ser enviada para a estação Terra. Para conseguir fazer isto, temos de compreender como os elementos de eletrónica comunicam e analisar os componentes que podemos utilizar para comunicar com eles.

## Atividade 4: Vamos juntar tudo

Na atividade 4, os alunos aprendem como fixar, uns aos outros, os componentes da Missão Primária do CanSat, utilizando placas de solda e soldagem. É dada uma introdução às técnicas de soldagem. Os alunos são alertados para as regras de segurança que têm de respeitar quando soldam. Também é dada informação sobre a alimentação elétrica do CanSat, e são analisadas considerações importantes de como fornecer energia ao CanSat.

### Exercício 1

#### 1. Porque é que os painéis solares são a opção preferida para os satélites, e porque é que são de menor utilidade no que refere ao CanSat?

Os satélites permanecem em órbita durante longos períodos de tempo e por isso necessitam de uma fonte de energia por tempo indeterminado. Para isto o Sol é a fonte indicada. Mas alimentar o CanSat desta forma é problemático. Primeiro, há restrições de tamanho e de peso, o que torna difícil construir um painel solar suficientemente grande. Segundo, como grande parte da radiação do Sol é absorvida pela atmosfera, os painéis situados em terra são muito menos eficientes do que os que estão em órbita.

### Exercício 2

Pede-se aos alunos que preencham uma tabela com os componentes que escolheram, a razão da sua escolha e uma opção de reserva. O último exercício deverá motivar os alunos para que discutam as vantagens e as desvantagens dos componentes, como partes individuais, e justificar as razões pelas quais os vão usar no CanSat.

### Discussão

O objetivo principal destas atividades é de os alunos se familiarizem com os componentes básicos e os sensores que podem utilizar para construir um CanSat. Eles devem avaliar a variedade de sensores disponíveis para cada objetivo, e quais as vantagens e desvantagens de cada um deles. Como resultado disto, eles devem ser capazes de tomar uma decisão informada sobre quais os componentes adequados para os seus CanSats.

Pode promover uma discussão no final da Atividade 4, de modo a incentivar os alunos a ponderar a possível alteração de algumas das suas escolhas, ou a usarem a sua segunda melhor alternativa, se considerarem o facto que todos os componentes têm de funcionar em conjunto num sistema integrado no CanSat. Há fatores adicionais, tais como as restrições de tamanho e de peso para a Competição Europeia do CanSat que podem obrigar a que sejam feitos compromissos. Neste ponto, deve-se fazer ligações com os objetivos de missão que se encontram nas diretrizes do CanSat e em particular, discutir quais os objetivos que devem ser prioritários (e.g. a missão primária obrigatória versus as missões secundárias de cada equipa).

# → VAMOS CONSTRUIR UM CANSAT

## Um guia para a Missão Primária

### → Atividade 1: Introdução aos componentes básicos

Os componentes essenciais que são necessários para concluir a Missão Primária do CanSat estão divididos entre o CanSat e a tua estação Terra. O teu CanSat vai voar num foguetão, num balão ou num drone, ao passo que a tua estação terra vai ser instalada no solo. É nela que vais receber a informação do teu CanSat através de uma antena.

#### Componentes do CanSat:

- Um microprocessador ou um computador adequado (tais como o Arduino ou o Raspberry Pi)
- Um sensor de temperatura (como um termistor)
- Um sensor de pressão atmosférica (tal como um MPX4115A)
- Um transmissor/recetor (transceiver) sem fios (tal como o APC220, o X-Bee ou o LoRa)
- Uma antena (geralmente uma antena de quarto de onda)
- Um paraquedas ou um dispositivo idêntico para fornecer uma aterragem segura e controlada
- Uma fonte de alimentação

#### Componentes da estação Terra:

- Um transmissor/recetor(transceiver) sem fios
- Uma antena (geralmente uma antena Yagi)
- Um microprocessador ou um computador adequado (tais como o Arduino, o Raspberry Pi ou o teu computador portátil)

À exceção do paraquedas, os componentes do CanSat têm de caber num de 330ml (diâmetro máximo = 66mm; altura máxima = 115mm; massa = 300-350g) que corresponde ao de uma lata de refrigerante, até depois do lançamento. Os módulos do GPS e a antena de rádio podem ser montados externamente, na parte de cima ou na parte de baixo da lata, desde que não se excedam as restrições de tamanho.

**Nota:** Consulta as diretrizes para todos os requisitos.

### Microprocessadores e computadores

Os microprocessadores têm uma grande variedade de funções. Um microprocessador difere de outros produtos com os quais podes estar familiarizado (tais como um Raspberry Pi) pois necessita do input de um computador antes de poder funcionar e não é um dispositivo independente. O Arduino é um tipo de microprocessador popular. Depois de teres enviado o teu código e alimentado eletricamente o microprocessador ele pode funcionar independentemente do computador.

Um Raspberry Pi difere de um microprocessador pois é um computador. Na placa do Raspberry Pi existe tudo o que é necessário para que funcione e para que corra um código. uma CPU integrada significa que o Raspberry Pi pode oferecer uma capacidade computacional superior à de um microprocessador. Um Raspberry Pi Zero é uma miniatura, é um Raspberry Pi de baixo custo e trata-se de uma escolha comum para os projetos CanSat. A escolha de um microprocessador ou de um computador miniatura depende, mais uma vez, de ti! Tens de ter em consideração a compatibilidade com os sensores que pretendes usar assim como a linguagem de programação com a qual te sentes mais confiante. No final deste recurso encontram-se links para websites do Arduino e do Raspberry Pi, onde podes aprender mais sobre estas duas opções.

Em baixo mostram-se um Arduino Uno e um Raspberry Pi Zero, são ambos placas vulgarmente utilizadas em CanSats.



**A placa do Arduino Uno pode ser dividida em cinco componentes principais:**

- 1. **Pinos digitais** – Há 13 pinos configurados para entradas digitais \*. 6 destes (3, 5, 6, 9, 10 e 11) são pinos PWM. Podes encontrar mais informação sobre PWM no recurso Comunicar por Rádio
- 2. **Entrada USB**– usada para ligar o Arduino a um computador
- 3. **Adaptador AC** – Para ligar uma d.d.p. superior a 5V ao Arduino
- 4. **Pinos de alimentação** – estes pinos podem ser usados para fornecer até 5V ao Arduino
- 5. **Pinos Analógicos**– Há 6 pinos configurados para entradas analógicas\*

\*Por defeito são entradas mas também podem ser definidas como saídas; para mais informação, consulta: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPins>

**Uma breadboard**

Enquanto estás a aprender as bases do Arduino e dos sensores é preferível utilizares uma breadboard sem soldagem, pois quaisquer erros que cometas a montar o teu circuito podem ser facilmente alterados. Uma breadboard é uma ferramenta simples que pode ser usada para ligar componentes elétricos entre si.

**Nota:** Consulta as diretrizes para todos os requisitos.

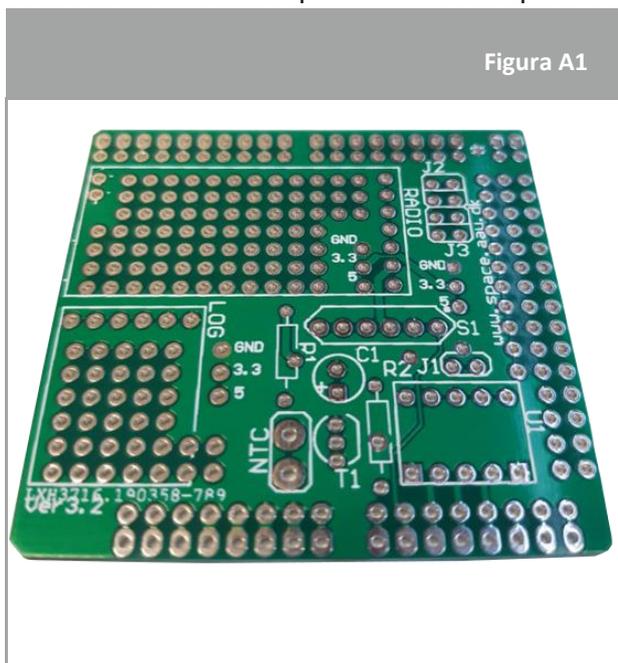


Figura A1

↑ uma breadboard com soldaduras

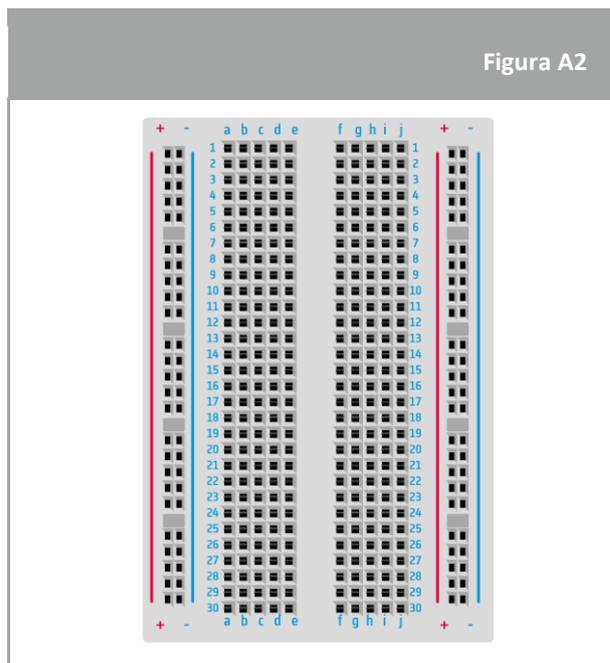


Figura A2

↑ uma breadboard sem soldaduras

Os pinos de componentes elétricos podem ser colocados nos terminais da placa. Na parte central, as filas estão ligadas. Isto significa, por exemplo, que dois pinos de uma resistência devem ser colocados em filas diferentes, caso contrário criarão um circuito fechado entre eles.

É muito importante fazer um esboço do teu circuito antes de fazeres as conexões e de o ligares à corrente, porque corres o risco de danificares os componentes. As colunas exteriores da placa estão ligadas, em vez de serem as filas. Normalmente são usadas para fornecer uma ligação a terra e à corrente, de modo a diminuir a complexidade da montagem.

Quando montares a versão final do teu CanSat vais ter de usar uma breadboard com soldagem. Nós vamos investigar isto na Atividade 4!

## Sensor de temperatura

Os sensores de temperatura podem ser divididos nestas categorias principais:

- Termístores
- Sensores analógicos
- Termopares

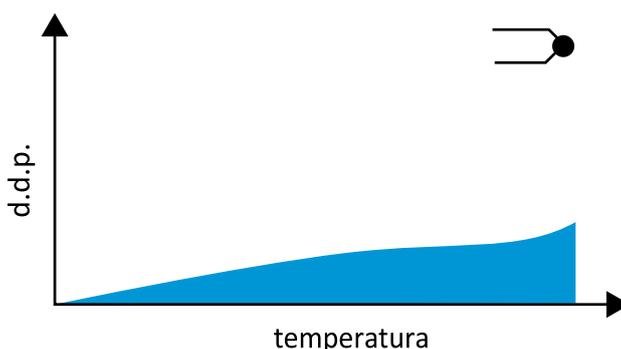
Um termístor comum com dois terminais é um termístor de coeficiente de temperatura negativo (NTC). O seu funcionamento baseia-se no princípio que diz que uma alteração na temperatura produz uma variação da resistência do termístor— o NTC significa que à medida que a temperatura aumenta, a resistência elétrica diminui (e vice-versa). A variação da resistência pode ser medida diretamente com um ohmímetro, mas para funcionar como entrada para o Arduino temos de converter a variação de resistência numa variação de d.d.p., vamos investigar isto mais tarde.

Os sensores analógicos são mais baratos e não necessitam de ser calibrados. Eles utilizam técnicas da física do estado sólido para determinar a temperatura em vez de resistências sensíveis à temperatura. Não precisamos de mergulhar na física para saber como estes sensores funcionam, mas se estiveres interessado podes encontrar mais informação clicando em [aqui](#)<sup>1</sup>.

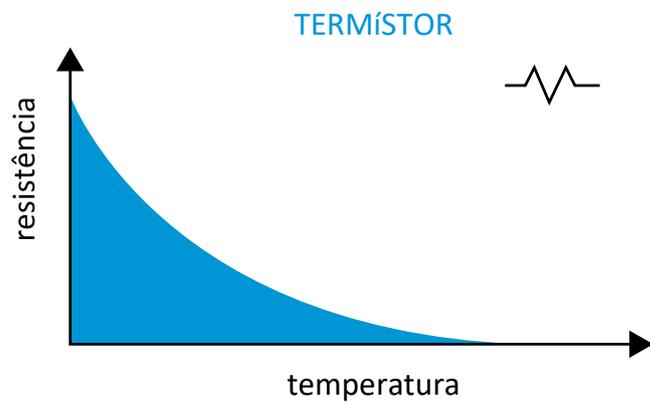
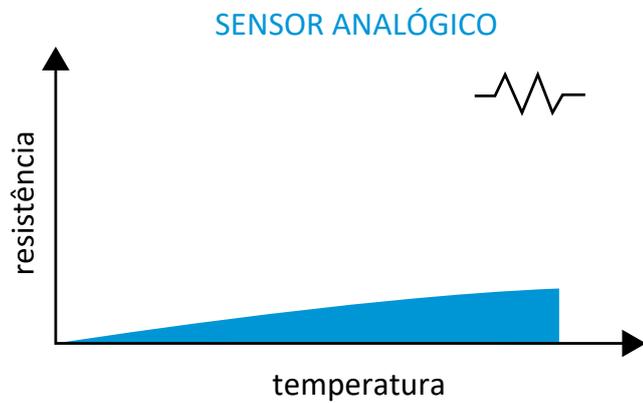
Os termopares medem a temperatura utilizando o efeito termoelétrico que ocorre entre dois metais diferentes. Este efeito foi descoberto por Thomas Seebeck. Mais uma vez, a física subjacente não é importante, mas se quiseres saber mais clica em [aqui](#).

Os gráficos mostram como a temperatura afeta a d.d.p. e a resistência nos três tipos de sensores de que falámos. Uma comparação adicional dos termístores NTC e sensores analógicos da temperatura pode ser encontrada [aqui](#).

### TERMOPARES



<sup>1</sup> Podes encontrar todos os links no fim deste recurso



Quando decidires qual o sensor que vais usar no teu CanSat deves comparar as especificações técnicas usando as fichas técnicas dos fabricantes. Deves escolher o sensor que melhor se adequa aos objetivos da tua missão. Podes também ter de considerar o número de pinos disponíveis. Por exemplo, uma placa de Arduino Uno tem mais pinos digitais que pinos analógicos. Consoante a tua missão secundária tu poderás ter de dar prioridade a estes pinos.

### Exercício 1

1. Haverá alguns problemas adicionais quando se está a usar um termístor para medir a temperatura do ar? **Sugestão:** O que é que se gera quando uma corrente atravessa um material (quer seja ou não uma resistência)?

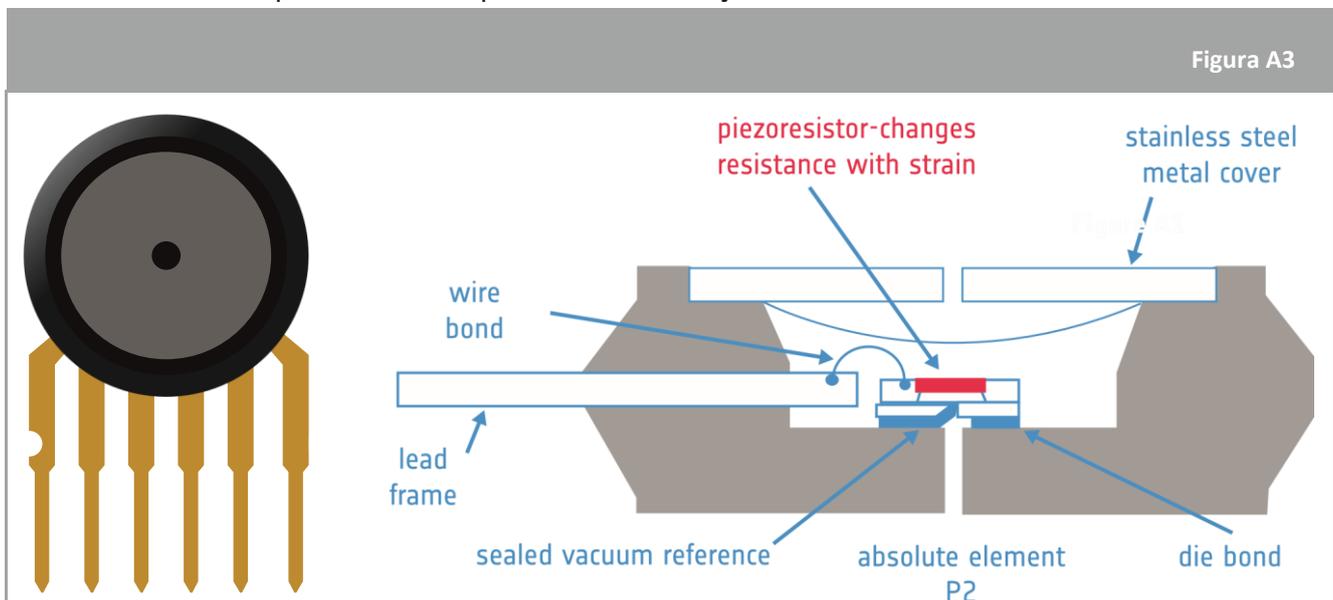
---



---

### Sensor de pressão atmosférica

O sensor de pressão atmosférica MPX4115A é um componente com 6 terminais, dos quais só 3 são usados para fazer medições. É vulgar utilizar este sensor nos CanSats. Este sensor contém uma cavidade selada por uma pequena **piezoresistência**. Se estiveres a utilizar outro sensor deves ver a ficha técnica fornecida pelo fabricante para mais informação.



↑ O sensor de pressão atmosférica MPX4115A e um diagrama do interior do sensor, que mostra os elementos piezoresistivos .

## Mas...O que é uma Piezoresistência?

Uma piezoresistência é uma resistência cujo valor varia quando está sujeita a uma tensão mecânica, tal como um alongamento ou uma deformação. Quando a pressão atmosférica varia a piezoresistência deforma-se ligeiramente. Esta 'deformação' na piezoresistência altera a sua resistência elétrica.

No sensor MPX4115A, a alteração do valor da resistência é convertida em d.d.p. dentro do próprio invólucro do sensor. Esta d.d.p. pode ser lida, pelo utilizador, na placa do Arduino. Mais uma vez há muitos tipos de sensores de pressão disponíveis. Embora o MPX4115A seja talvez o mais comum, pode não ser o mais adequado para o teu projeto!

## Outros sensores

Uma alternativa muito popular aos sensores de temperatura e de pressão de que falámos é o sensor digital de pressão BMP280. Este sensor combina um sensor de pressão e um de temperatura num só dispositivo, tornando-o na solução ideal para a Missão Primária do CanSat. O sensor BMP280 é barato e muito pequeno. Isto significa que podes concluir a Missão Primária gastando muito pouco do orçamento disponível e usando pouco espaço para o teu CanSat, o que torna possível uma missão secundária mais entusiasmante!



Normalmente este sensor consegue fazer medições até à pressão de 1 hPa e até 1°C de temperatura. Talvez a maior vantagem na utilização de um sensor tão popular é a de que tens um bom suporte caso algo corra mal!

O sensor de temperatura do BMP280 está isolado de outros componentes elétricos que transportam corrente. Como sabes, qualquer coisa que transporte corrente tem resistência, e por isso gera algum calor, por isso a temperatura reportada pode ser mais alta do que a temperatura ambiente— deves ter isto em linha de conta nas tuas medições!

## Considerações importantes a ter quando escolhes um sensor:

**Sensibilidade:** qual é a variação mínima que o sensor consegue medir?

**Tempo de resposta:** quanto tempo demora o sensor a responder quando ocorre uma alteração no ambiente?

**Linearidade:** a resposta é linear (no alcance pretendido para as medições)?

**Alcance:** entre que valores min/máx funciona o sensor?

**Histerese:** o sensor fornece o mesmo resultado para as mesmas condições ambientais; e.g. um sensor de temperatura forneceria o mesmo valor de temperatura, independentemente de a temperatura estar a subir ou a descer? Podes já ter deparado com este fenómeno ao estudares magnetismo.

## Exercício 2

Pesquisa a ficha técnica do BMP280, de um sensor de pressão (e.g. o MPX4115A) e de um sensor de temperatura (e.g. um termistor) e escreve as suas características na tabela em baixo. Há também duas colunas vazias para acrescentares mais sensores.

	BMP280	MPX4115A	Termistor		
Alcance de funcionamento					
Precisão					
Tempo de resposta					
Custo					
Potência necessária					

## → Atividade 2: Eletrónica básica

### Introdução

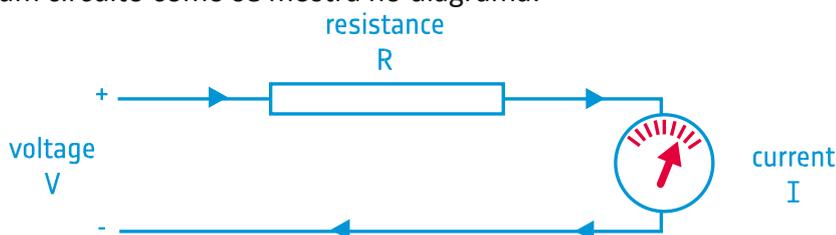
Agora que temos uma ideia dos diferentes tipos de componentes disponíveis para a Missão Primária, vamos ver como é que eles funcionam. A secção seguinte vai analisar as equações usadas na eletrónica que os utilizam.

### d.d.p. & Intensidade de Corrente: Lei de Ohm

Antes de começares a Missão Primária é uma boa ideia compreender alguns conceitos fundamentais de eletricidade. A lei de Ohm descreve como estão relacionados os elementos principais de um circuito elétrico: d.d.p., intensidade de corrente e resistência.

Nos materiais que conduzem a corrente elétrica como o cobre, o ouro, a prata, etc., os eletrões conseguem deslocar-se facilmente ao longo do material – a d.d.p.  $V$  (que fornece energia potencial) dá o ‘empurrão’ necessário para manter o fluxo de eletrões (velocidade do fluxo = intensidade da corrente  $I$ ) ao longo do circuito.

A lei de Ohm permite-nos prever o fluxo da corrente ( $I$ ) através de uma resistência ( $R$ ) quando se aplica uma d.d.p. ( $V$ ) a um circuito como se mostra no diagrama.



Lei de Ohm:

$$V = IR$$

Que é equivalente a:

$$I = \frac{V}{R}$$

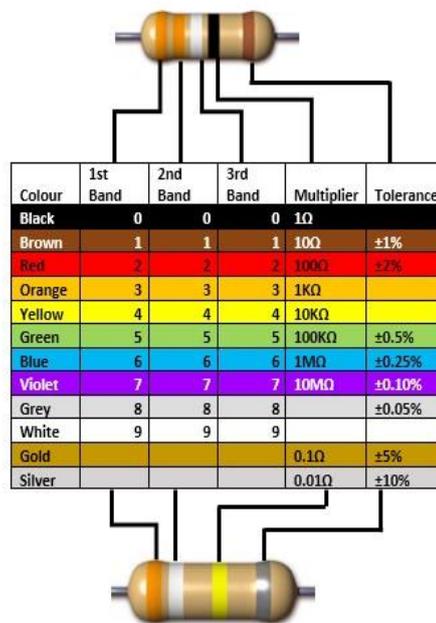
Portanto, se a d.d.p. aplicada ao circuito for constante, podemos ajustar o fluxo da corrente alterando a resistência elétrica.

## Resistências

As resistências são um componente vital para a montagem de qualquer CanSat. Já falámos de um tipo especial de resistência, o termístor. Normalmente as resistências, embora não forneçam medições, podem ser utilizadas para controlar a d.d.p. e a intensidade da corrente através dos componentes do teu circuito. O valor da resistência que usas, medida em Ohms, tem de ser adequada. Mas como é que sabes qual a resistência a usar? Por exemplo, para um termístor típico, podes usar uma resistência com um valor baixo, tal como 220kΩ, enquanto que um LED vai precisar de uma resistência com um valor muito maior, tal como 10kΩ. Se não escolheres a resistência correta, pode acontecer que o circuito não se comporte como pretendes.

Uma solução simples é utilizares um ohmímetro que nos dá uma leitura instantânea. Contudo também podes calcular a resistência através das bandas coloridas que ela apresenta.

O diagrama em baixo mostra como se lê o valor de uma resistência que tem 4 ou 5 bandas coloridas. A ‘tolerância’ (a incerteza) dá uma indicação do erro que podes esperar entre o valor real da resistência e o que ela indica.



Por exemplo as duas resistências no diagrama, têm valores de 339Ω ±1% (a de cima) e 390.000Ω (390MΩ) ±10% (a de baixo).

## Exercício

1) Qual é o valor da resistência em baixo?




---



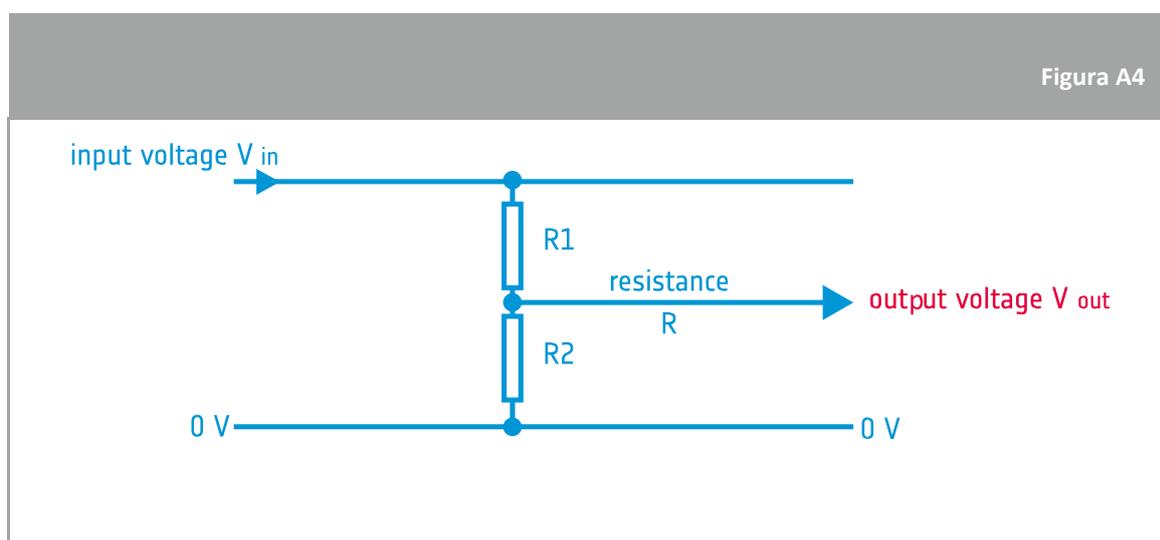
---

## O circuito divisor resistivo

Muitos sensores apresentam uma variação da resistência elétrica proporcional à variação do parâmetro que está a ser medido. Por exemplo, a resistência de um termístor varia em resposta à variação da temperatura ambiente. Contudo, o Arduino não consegue medir diretamente a resistência, só consegue medir uma variação de d.d.p.. Por isso, para um termístor conseguir comunicar informação ao Arduino sobre a temperatura, precisamos alterar a saída para uma variação de d.d.p. em vez de uma variação de resistência.

Isto faz-se utilizando um circuito divisor resistivo. Uma resistência é mantida com um valor fixo, e a variação da d.d.p. que é medida ( $V_{\text{saída}}$ ) será causada pelo termístor. Este aumento ou diminuição de d.d.p. pode ser associado a um aumento ou diminuição da temperatura, se usarmos uma função de transferência. Esta função é simplesmente uma equação que nos dá a relação entre a d.d.p. que é medida e a temperatura.

Para calcular a função de transferência temos primeiro de analisar o circuito, e eventualmente pôr a temperatura em função da d.d.p.. Não te esqueças de consultar as instruções do sensor que estás a utilizar para recolheres toda a informação que necessitas para obteres a tua função.



↑ Diagrama de um circuito divisor resistivo.

No circuito, quer R1 quer R2 podem ser substituídas por um termístor.

## Exercício extra

A intensidade de corrente ( $I$ ) através das resistências  $R1$  e  $R2$  pode ser calculado usando a lei de Ohm ( $V=IR$ ). Tenta combinar e rearranjar as equações em baixo, para obteres uma equação final para  $V_{saída}$ .

Se:

$$V_{entrada} = I(R1 + R2) \quad e \quad V_{saída} = I(R2)$$

$$I = \underline{\hspace{2cm}} \quad e \quad I = \underline{\hspace{2cm}}$$

Agora podemos igualar as duas equações e remover  $I$ :

=

Mas queremos saber como  $V_{saída}$  depende de outros parâmetros por isso, vamos reorganizar a equação:

$$V_{saída} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Como  $V_{entrada}$  é fixa (bem como  $R1$ ), podemos converter uma **resistência variável ( $R2$ )** numa **d.d.p.variável** usando o circuito divisor resistivo.

**Sugestão:** uma corrente elétrica gera calor no material que atravessa (e.g. o material do termistor) e isto por sua vez altera o valor da sua resistência elétrica. Para diminuir o efeito de auto aquecimento deves ligar o circuito pouco antes de fazeres uma medição. Faz a medição rapidamente e depois desliga novamente o circuito. Assim diminuimos o intervalo de tempo em que a corrente flui e por isso gera-se menos calor.

## → Atividade 3: Comunicar com o teu CanSat

### Introdução

Agora deves estar pronto para organizares a eletrónica necessária para a tua Missão Primária, mas falta uma etapa fundamental! A informação coletada pelo CanSat tem de ser enviada para a estação Terra. Para conseguirmos fazer isto temos de analisar os componentes que podemos usar para comunicar e perceber como a própria eletrónica comunica.

### Emissores/Recetores(Transceivers) (ou Módulos de Rádio)

Nós sabemos como usar o Arduino e sensores para obter informações de temperatura e pressão. Mas como é que recebemos a informação que o nosso CanSat coleta? Claro que podemos guardar a

informação e obtê-la quando recuperarmos o CanSat. No entanto, na Missão Primária o teu CanSat deve transmitir informação para a estação Terra a cada segundo. Há duas razões para este requisito.

Em primeiro lugar, dá-te o sabor de uma verdadeira missão de satélite! Em segundo lugar, nós não conseguimos controlar todas as condições de um lançamento, e por vezes isto significa que não conseguimos recuperar todos os CanSat. Ao transmitires a informação, tu ainda vais conseguir completar a análise do teu projeto.

Os emissores/recetores (transceivers) sem fios são usados para transmitir informação entre um CanSat e a estação Terra. Eles trabalham aos pares, de forma idêntica à que tu talvez conheças por teres usado walkie-talkies quando eras mais novo (ou até agora!). Quer o CanSat quer a estação Terra estão equipados com uma antena. A antena do CanSat transmite a informação e a antena na estação Terra recebe-a. De modo a evitar perturbações e interferências cada equipa na competição tem a sua própria frequência – exatamente como os canais num walkie-talkie. Isto significa que só recibes informação do teu próprio CanSat, e não de outras fontes. Na verdade, a palavra, transceiver é a composição de duas palavras – transmitir e receber, que é exatamente o que faz o transceiver.

Vamo-nos focar nas diferentes opções que tens quando escolhes um transmissor/recetor e qual o critério que queres utilizar para tomares a tua decisão.

Talvez o critério mais importante na escolha de um transmissor/recetor seja as frequências em que funciona, a potência necessária e o seu tamanho. Claro que também tens de considerar o preço dos dispositivos. Elaborar um projeto implica muitas vezes algum grau de compromisso.

Os componentes perfeitos para cada objetivo não são necessariamente compatíveis por esta ou aquela razão.

Figura A5



↑ O módulo APC220

Figura A6



↑ O módulo RFM95 LoRa

Figura A7



↑ O módulo XBee

Uma das escolhas mais comuns é o APC220. Consegue comunicar a uma distância de 1000m e funciona entre 418MHz e 455MHz. O módulo LoRa (como o RFM95) é uma alternativa popular. Geralmente oferece um alcance maior, até 2000m, mas funciona com frequências descontínuas em vez de um intervalo de frequências como o APC220. O último módulo que vamos abordar abreviadamente é o módulo XBee. Difere significativamente dos módulos APC200 e LoRa pois opera na banda WiFi (2.4GHz) em vez da banda MHz. Isto pode trazer os seus próprios desafios, tais como interferências causadas por dispositivos que se encontrem perto. Consoante o modelo o alcance também pode variar de 400m a 1600m.

O transmissor/recetor mais adequado ao teu CanSat pode variar de equipa para equipa. Deves estudar a ficha técnica de cada um e usar estes detalhes como parte da tua avaliação, enquanto também precisas de ter em consideração o resto do teu projeto! Para mais informação consulta o nosso recurso 'Comunicar por Rádio'.

## Protocolos de comunicação

Todos os sistemas eletrónicos usam um de vários sistemas de comunicação entre os componentes. Os três sistemas principais que vamos usar no CanSat são UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), SPI (serial peripheral interface) e I2C (Inter-Integrated circuit).

### Comunicação UART

UART significa ‘recetor/transmissor assíncrono universal’. A maior diferença entre o UART, o SPI e o I2C é a parte que se refere a ‘assíncrono’! Mas o que queremos realmente dizer com assíncrono? Como já deves ter calculado é o oposto a síncrono, mas vamos comparar o que ambos representam para a comunicação.

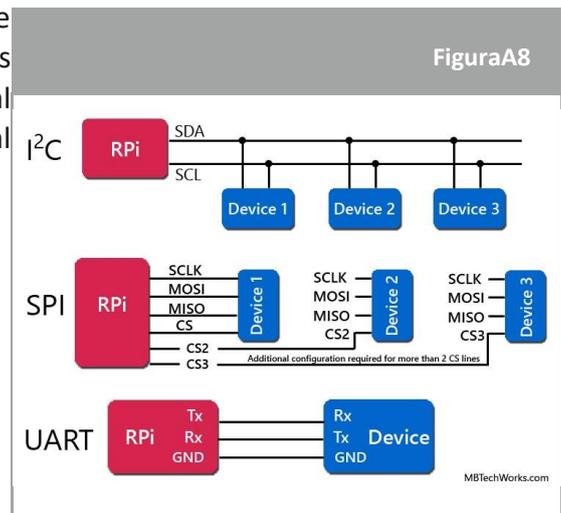
A comunicação síncrona é como falar com alguém ao telefone. Primeiro marcas um número e depois esperas que alguém atenda do outro lado. A partir desse momento, quando envias informação (falar) o recetor recebe-a imediatamente (ouvir) e depois envia a sua própria informação (falar) que tu consegues receber (ouvir). Quando queres parar de enviar informação, envias uma mensagem que torne isso claro para o recetor (dizes adeus!) e ficas então livre para realizar outras tarefas.

A comunicação assíncrona é mais parecida a enviar uma carta. Depois de enviar uma carta, o transmissor (remetente) consegue realizar outras tarefas enquanto espera por uma resposta. Algum tempo mais tarde, o remetente pode verificar a sua caixa de correio para ver se recebeu uma resposta e atuar em consonância!

O UART é bastante utilizado e está bem documentado. Resumindo podemos dizer que é simples, é um sistema fácil de usar, mas claro que tem limitações:

1. Um aspeto importante a observar relativamente à comunicação UART é que está projetado para uma comunicação só de dois dispositivos de cada vez (não é muito útil num CanSat mais complexo). Como o protocolo só envia bits a indicar o início da mensagem, o conteúdo da mensagem e o fim da mensagem, não há modo de distinguir vários dispositivos a transmitir e a receber na mesma linha. Se mais de um dispositivo tentar transmitir informação na mesma linha, vai surgir obstrução, e os dispositivos de receção vão receber provavelmente informação inutilizada que será lixo!
2. O UART é half-duplex, o que significa que embora a comunicação possa ocorrer de forma bidirecional, os dois dispositivos não podem transmitir informação um para o outro ao mesmo tempo. Num projeto em que dois Arduinos estão a comunicar um com o outro através de uma ligação em série, por exemplo, isto significaria que a dada altura, só um dos Arduinos pode estar a “falar” com o outro. No entanto para a maioria das aplicações este facto é relativamente pouco importante não apresentando qualquer desvantagem.

**As utilizações comuns do UART no CanSat são:** enviar mensagens para um PC, comunicar com os sensores de GPS, comunicar com Wi-Fi externo e modems GPRS (3G).



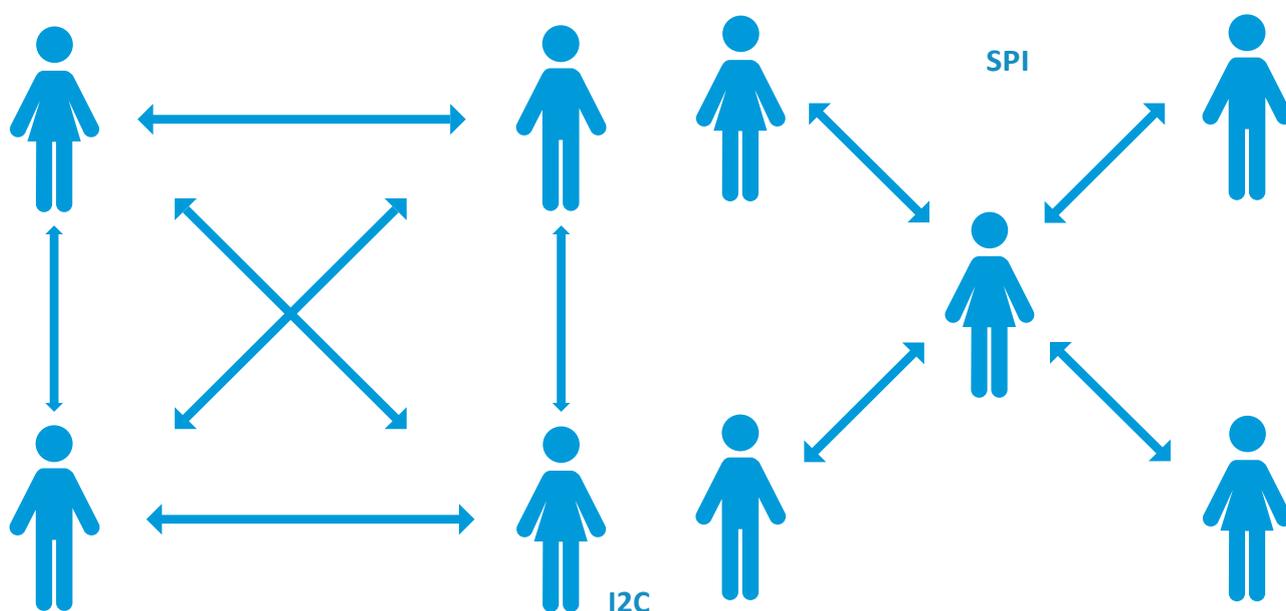
↑ Diagrama dos diferentes protocolos de comunicação

## Comunicações I2C e SPI

O **I2C** permite que múltiplos dispositivos (até 1008!) sejam ligados à mesma interface I2C, que é simplesmente um par de arames. Também permite comunicações bidirecionais sobre estes dois arames sendo por isso ideal para comunicar com muitos sensores. **As utilizações comuns do I2C CanSat são:** sensores "mais inteligentes" (e.g. o BMP 280), Acelerómetros, Conversores Analógico-Digitais, Conversores Digital-Analógicos, Écrans LCD e controladores de carga.

Por outro lado, o **SPI** é a interface mais complexa que o hardware do Arduino suporta. Bem como o I2C, que também suporta comunicação bidirecional com diversos dispositivos, mas oferece uma taxa de transferência de informação muito mais elevada. Isto torna-o adequado para comunicar com os mais complexos dispositivos que podemos ligar ao CanSat. **As utilizações comuns do SPI CanSat são:** Câmaras, cartões de memória (e.g. cartões SD), módulos GPS, Modems WiFi.

Vamos fazer uma analogia simples para explicar como é que os diferentes componentes se comportam num sistema SPI e num sistema I2C. O SPI significa 'Serial Peripheral Interface'. I2C significa 'IntegerIntegrated Circuit'. Não temos de nos preocupar com a origem destes nomes basta-nos compreender qual o significado destes protocolos para o nosso CanSat.



A figura em cima ilustra a nossa analogia. À direita encontra-se o sistema SPI, e à esquerda o sistema I2C. Nesta analogia os nossos componentes elétricos são substituídos por pessoas. As setas mostram as possíveis comunicações para cada pessoa. Como podes ver, no sistema SPI há um componente encarregue das comunicações, a que se chama o controlador(mestre). Os outros componentes têm o nome de escravos. No Sistema I2C os componentes podem comunicar uns com os outros, de tal modo que a cada momento só a um componente pode ser atribuído a função de mestre. É ele que decide a que componente se comunica a informação. O 'escravo' ouve o mestre e envia ou recebe informação consoante o que lhe é pedido. No protocolo I2C a situação é dinâmica. Qualquer dos componentes pode emitir o comando 'ouve' e tornar-se o mestre.

Podes pensar que o protocolo I2C soa muito melhor, mas a realidade dos nossos circuitos não é tão simples como a analogia. Enquanto que o I2C é mais fácil de montar, a transferência da informação é mais lenta que no SPI e geralmente consome mais energia. A escolha do protocolo de comunicação deve ser avaliada tal como qualquer outra parte do teu projeto, mas também podes considerar que é determinada pelas propriedades dos sensores que vais usar no teu CanSat. A tabela em baixo resume os pontos chave a considerar sobre os protocolos.

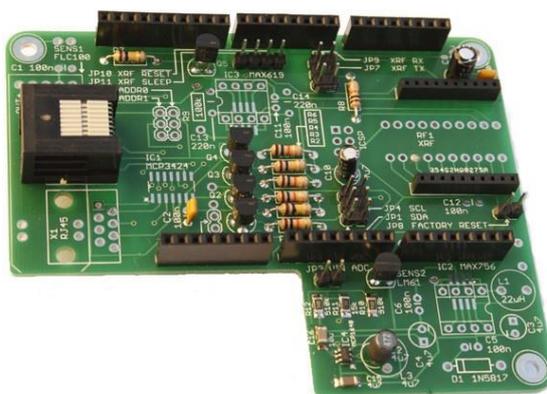
	Protocolo		
	I2C	SPI	UART
Montagem	Muitos mestres e escravos	1 mestre, vários escravos	1 mestre, 1 escravo
	Simple – necessários 2 pinos	Complexa – necessários 4 pinos	Simple – necessários 2 pinos
Velocidade de transferência da informação	Baixa	Elevada	Baixa
Gasto de energia	Elevado	Baixo	Elevado

## → Atividade 4: Vamos juntar tudo - Introdução

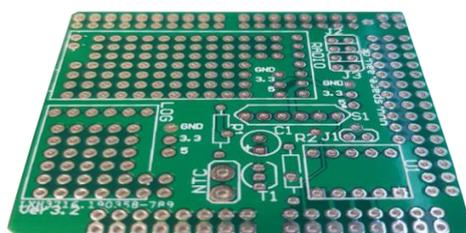
Quase lá! Como já compreendemos todos os componentes que constituem a Missão Primária do CanSat, só falta juntar tudo! A competição do CanSat oferece alguns desafios únicos, pois tens de pensar cuidadosamente sobre o espaço que os teus componentes ocupam e como os vais encaixar em conjunto. Vamos agora analisar algumas maneiras de fazer isto e também diferentes processos de fornecer energia ao CanSat.

### A PCB com soldaduras

À medida que desenvolves o teu CanSat para além da Missão Primária vais precisar, provavelmente, de ligar mais e mais sensores à tua placa mãe. Isto pode ficar confuso rapidamente. Tens duas soluções: usar uma PCB ou um sensor shield (extensor de entradas e de saídas). Um sensor shield funciona de uma forma muito idêntica à da PCB, mas é construído especificamente para ser anexado à placa mãe. Em baixo podes ver o exemplo de um sensor shield. Eles podem contudo ser mais caros que uma PCB, porque eles são feitos de forma personalizada para serem usados com microcontroladores específicos.



PCB, por outro lado, são muito baratas e versáteis. Elas são idênticas às breadboards sem soldaduras das quais já falámos anteriormente. A diferença principal é que as ligações elétricas se fazem utilizando solda. Em baixo está um exemplo de uma PCB com soldaduras.



Embora neste recurso nos estejamos a focar unicamente na Missão Primária, tu deves sempre ter em mente qual a direção que o teu projeto vai tomar de modo a garantir que aquilo que vais construir é à prova de decisões futuras. Por isso é importante escolheres uma extensão adequada da tua placa mãe!

## Soldagem

O lançamento do teu CanSat envolve uma aceleração e uma força significativas que podem criar problemas se as ligações do teu circuito forem fracas. Para resolver este problema, nós vamos usar solda. A soldagem é usada para garantir uma ligação permanente entre os componentes elétricos. Tem de se derreter um metal para fazer as conexões.

O metal que é usado para fazer a soldagem chama-se solda. É importante que este metal tenha um ponto de fusão mais baixo que o dos arames ou os componentes que vais ligar; tu não queres que eles também derretam! A solda é aplicada no ponto de junção utilizando um ferro de soldar. Parece tratar-se de um aspeto pouco importante do teu projeto por comparação com a escrita do código e com a escolha dos sensores, mas uma má soldadura numa junção será uma das primeiras coisas a falhar durante o lançamento, e se o circuito ficar incompleto todo o projeto pode ficar em perigo!

A verdadeira vantagem das juntas de soldadura é de que são muito mais duráveis e fiáveis do que a conexão típica das breadboard. Devido às vibrações e aos choques provocados pela força da gravidade durante o lançamento do foguete, é importante que os pontos de soldadura sejam de boa qualidade.



↑ Exemplo de uma estação de soldagem

## Segurança:

- Os ferros de soldar funcionam normalmente entre **300-400°C**.
- **Usa sempre óculos de proteção** e certifica-te de não colocares nada, por acidente, próximo ou sobre o ferro de soldar.
- Desliga o ferro de soldar depois de o utilizares e **garante que tenha arrefecido completamente** antes de o arrumares.

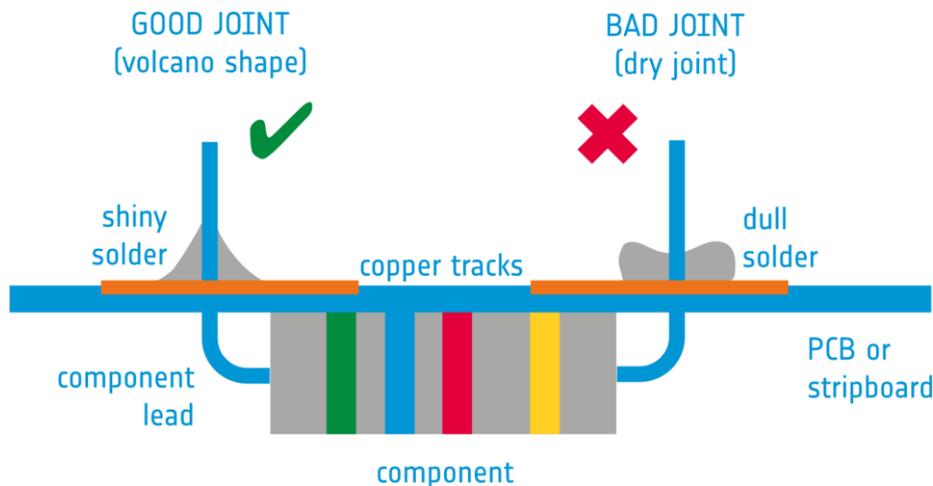
É necessário **que a técnica de soldagem seja boa** para se obterem pontos de soldadura de qualidade:

- Pega no ferro de soldar e aproxima-o até tocar a extremidade do componente que pretendes soldar; espera 2-3 segundos que aqueça antes de aplicares uma pequena quantidade de solda.
- Deixa que a solda se funda completamente em torno da extremidade do componente; depois retira a solda e o ferro de soldar.
- Certifica-te que o componente arrefece antes de soldares a outra extremidade. Um **bom ponto de soldadura** acontece quando a solda 'molha' as superfícies que se pretendem unir. Deverá ter uma forma idêntica à de um vulcão

**Pontos de soldadura fracos** acontecem por muitas razões, por exemplo quando se usa muita solda, quando o ferro atinge a solda primeiro (antes de aquecer a extremidade do componente), ou as superfícies não se encontram limpas.

Antes de soldar os componentes à placa do sensor, é boa ideia treinar a soldagem utilizando um bocado de breadboard sobressalente. Uma soldadura fraca será uma das primeiras coisas a falhar durante o lançamento e poderá impedir a total recolha de informação!

Podes encontrar mais informação sobre o processo de soldagem no link que se encontra no final deste recurso.



## Fornecer energia ao teu CanSat

Agora tu tens o conhecimento básico necessário para iniciares a construção do teu CanSat para a Missão Primária. Mas há um aspeto importante de todos os CanSat de que ainda não falámos, que é o de como fornecer energia ao teu CanSat! É claro que o teu CanSat não pode ser ligado a uma porta USB durante o lançamento; ele tem de ter uma fonte interna de energia. Num satélite típico, a energia é fornecida por painéis solares que se encontram ligados ao exterior do satélite. Contudo, isto não é possível na competição do CanSat.

### Exercício 1

**1. Porque é que os painéis solares são a opção preferida para os satélites, e porque é que serão menos úteis para o teu CanSat?**

---



---



---

Há algumas considerações que tens de fazer quando decides como vais fornecer energia ao teu CanSat:

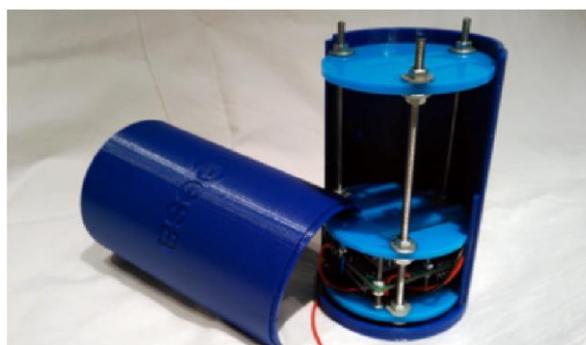
- Que d.d.p. necessitas fornecer? • Que tamanho pode ter a bateria?
- Qual a capacidade que a bateria precisa ter (mAh)? • Que peso pode ter a bateria?

Muitas placas de microprocessadores conseguem fornecer quer 3.3V quer 5V aos componentes que lhe estão ligados, mas isto não significa que não seja possível usar uma d.d.p. superior, como uma bateria de 9V, já que muitas placas também têm ‘reguladores’ a bordo que podem baixar a d.d.p. para um valor conveniente. Contudo, frequentemente, isto tem um custo porque se gasta energia neste procedimento. Tens de pensar se esta perda de energia é crucial para o sucesso da tua missão. Em muitos casos não será já que o tempo de voo do CanSat é relativamente curto. No entanto tens de ter a certeza de que o cálculo feito está correto!

Um carregador de energia, por exemplo o carregador de um telemóvel portátil, também é uma opção adequada. Eles existem em todas as formas e tamanhos, e com diferentes capacidades de carga. Alguns também têm uma eletrónica ‘inteligente’ que não fornece energia se a que estiver a ser usada pelo dispositivo for baixa. Embora isto possa ser um aspeto útil para poupar energia, tens de investigar o que é que a eletrónica quer dizer com o termo ‘baixo’ e se é adequado ao teu CanSat.

## Colocar a ‘Lata’ no CanSat

Por último, embora não signifique que seja o passo menos importante na montagem do CanSat, temos a construção de uma cápsula para abrigar todos os componentes eletrónicos para a tua missão primária e para a tua missão secundária. Isto não protege somente os componentes das grandes forças que vão sentir durante o lançamento, mas também vai poder oferecer alguma proteção relativamente ao meio ambiente, como por exemplo a chuva ou as temperaturas baixas.



Se usares uma impressora 3D ela vai-te permitir construir uma cápsula com as tuas especificações exatas. O layered design é uma aproximação comum. Isto pode ser usado para separar a missão primária e a missão secundária, por exemplo. Usar uma cápsula como esta permite-te acrescentar a função de se tratar de um invólucro facilmente removível, fazendo com que as reparações e as alterações do teu CanSat no voo sejam muito mais fáceis. [Aqui](#) tu podes descarregar os ficheiros .stl para imprimires a 3D os elementos da cápsula que vês na figura. Este guia apresentou uma introdução à eletrónica e aos sensores para a Missão Primária do teu projeto de CanSat. Agora podes juntar o que aprendeste com os nossos recursos de suporte para construíres a tua missão primária.

## Exercício 2

A partir do momento em que compreendes os diferentes tipos de componentes disponíveis para a tua missão primária poderá ser uma boa ideia planear a produção, usando qualquer coisa do género da tabela que se encontra em baixo:

Tabela A2			
Elemento	Componente escolhido	Razões da escolha	Melhor alternativa
Microprocessador			
Sensor de temperatura			
Sensor de pressão			
Transceiver			
Energia			

**Boa sorte!**

## → Links

Informação sobre como funciona um Termístor:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Thermistor>

Informação sobre os fundamentos de um sensor de pressão:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_sensor)

Informação sobre o efeito Piezoresistivo:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Piezoresistive\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Piezoresistive_effect)

Uma introdução à teoria e à construção de um circuito divisor resistivo:

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-dividers>

Informação sobre os pinos digitais do Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPins>

Um guia para a soldagem: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-solder-through-hole-soldering>

Ficha técnica do sensor de pressão MPX4115A: <http://www.farnell.com/datasheets/8723.pdf>

Adafruit e Sparkfun são dois websites que fornecem sensores e componentes adequados para a

Missão Primária do CanSat: <https://www.adafruit.com/categories> <https://www.sparkfun.com/>

Os ficheiros .stl para a impressão 3D dos elementos da cápsula do Cansat:

[http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/3d\\_printer\\_files\\_for\\_Cansat\\_case.zip](http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/3d_printer_files_for_Cansat_case.zip)