

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Mestrado em Engenharia Informática e Computadores

Semestre de Verão 2023/2024

FASE 2 – Planeamento de Rede

Internet das Coisas

Trabalho realizado por:

Pedro Carvalho, nº47113 - G02

Nuno Bartolomeu, nº47233 – G02

Índice

Objetivo	1
Introdução	1
Cobertura	1
Casos de utilização	1
Dados	1
Classe do Dispositivo	3
LoraWAN.....	3
Tráfego	3
Simulação.....	6
Bibliografia/Cibergrafia	10

Objetivo

Planeamento da rede para comunicação sem fios entre dispositivos IoT.

Introdução

Como indicado no relatório da fase 1, o nosso projeto pretende avaliar os fatores ambientais de uma estufa e ativar os diversos componentes caso os valores comecem a tornar-se críticos. Os dados a enviar serão os valores de temperatura e humidade, neste documento será estudado e avaliado qual o melhor método para realizar a comunicação dos dados numa rede sem fios.

Cobertura

Como o projeto verifica as medidas de temperatura e humidade para monitorização do estado ambiental de uma estufa, esta pode encontrar-se tanto numa zona rural ou urbana, é então necessário que seja capaz de efetuar a comunicação a grandes distâncias para evitar a perda de informação. Por exemplo se a estufa encontrar-se numa zona rural é necessário que seja capaz de transmitir a uma distância grande devido ao gateway receptor se encontrar numa área urbana a vários quilómetros de distância.

Casos de utilização

Como foi dito no relatório da fase 1, é esperado que seja medida a temperatura e humidade de 30 em 30 minutos (48 vezes por dia), sendo possível os seguintes casos de utilização:

- Normal - Neste caso os valores estão dentro dos limites
- Warning - Valores perto dos limites
- Action - Situação em que os valores medidos ultrapassam os limites.

Dados

Os seguintes campos são os que achamos mais importantes serem enviados pelo para um servidor. São eles os seguintes:

- **Data/Hora**
Para a data e a hora, será enviado um timestamp de 26 bits que indica o número de minutos desde 1 de janeiro de 1970 para seguindo o tempo Unix.
Começamos na mesma data que o sistema Unix para poder facilitar a transformação para um timestamp regular, apenas tendo de multiplicar

os valores por 60 para obter o número de segundos e depois por 1000 para obter os milissegundos.

Podemos utilizar minutos porque não é relevante saber o segundo exato em que as medições foram tomadas, porque elas devem ser relativamente constantes ao longo de alguns minutos.

Com 26 bits conseguimos alcançar até aproximadamente 127 anos, como estamos em 2024, o sistema pode funcionar sem problemas durante 73 anos. Com 27 bits, o valor aumentaria para 255 anos, mas preferimos inicialmente ser o mais conservador possível com os bits por isso ficamos com 26 que é o mínimo.

- **Humidade/Temperatura**

O sensor DHT11 lê a temperatura e a humidade com 8 bits para os valores e inteiros e 8 bits para os valores fracionais, para um total de 32 bits ou 4 bytes. Nós sabemos que a temperatura não vai passar dos 50°C ou ficar abaixo de 0°C porque o sensor não consegue detetar esses valores, logo só são necessários 6 bits (valores até 64) para o valor inteiro da temperatura. Os restantes valores, o inteiro da humidade e os fracionais de ambos, não vão passar dos 100, logo usamos valores de 7 bits (valores até 128).

Tudo junto são apenas necessários 27 bits para estes dados.

- **Payload**

Como o Lora tem pacotes até 8 bytes, ou 64 bits, nós temos uma margem de 11 bits para enviar outras informações que sejam necessárias no futuro.

Sendo assim o formato do campo payload será o seguinte:

1º byte	MMMMMMMM
2º byte	MMMMMMMM
3º byte	MMMMMMMM
4º byte	MMTTTTTT
5º byte	FFFFFFFH
6º byte	HHHHHHFF
7º byte	FFFFFLLL
8º byte	LLLLLLLL

Onde M é minutos, T é temperatura com o primeiro set de F sendo a fração, H é a humidade com o segundo set de F sendo a fração, e L sendo os livres.

Se for necessário passar os limites de temperatura e humidade, será necessário criar um estilo de pacote que possa alocar esses valores, mas acreditamos que seja possível contê-los dentro de um pacote LoRa de 8 bytes.

Classe do Dispositivo

O nosso projeto trata-se de monitorização pelo que é desejado que ocorra uma ação após uma anomalia, de forma que volte aos valores ideais para um bom funcionamento da estufa para isso é desejável que envie a qualquer altura do dia e que só possa receber depois de efetuar o *uplink*. Em cada caso de utilização existem intervalos diferentes de medida, pelo que após cada medida envia-se os dados e o esperado é que nas situações de *Warning* e *Action* haja uma resposta para ativar um dos componentes para tornar os valores ótimos. Tendo em conta estes fatores podemos classificar o nosso dispositivo de classe A.

LoraWAN

Após a análise dos dados a ser enviados e a cobertura exigida para o nosso projeto selecionou-se a rede *LoraWAN*. Este protocolo de comunicação permite enviar informação a vastas distâncias, mas com uma largura de banda reduzida. Como a estufa pode estar a vários quilómetros do *gateway*, a elevada distância de comunicação é crucial e como a informação que necessitamos transmitir ficará contida em pacotes de 8 bytes, não iremos ter problemas com a largura de banda.

Para além disto, o *LoraWAN* consome pouca potência, aumentando o tempo de vida da bateria no dispositivo. Isto fará com que a manutenção seja menos frequente. No caso da monitorização ser feita com várias estufas, o *LoraWAN* apresenta outra vantagem, uma vez que, um único *gateway* pode receber dados de vários dispositivos e encaminhá-los para o servidor.

Tráfego

Se utilizarmos o número de bits que temos de enviar e o protocolo de comunicação que vamos utilizar, é possível calcular o *Time on air* para diferentes larguras de banda e o fator de espelhamento (SF) presentes na seguinte tabela:

Tabela 1- Time on Air para diferentes larguras de Banda e SF

Largura de Banda [kHz]	SF	Time on Air [ms]
125	7	36.10
	8	72.19
	9	123.90
	10	247.81
	11	495.62
	12	991.23
250	7	18.05
	8	36.10
	9	61.95
	10	123.90
	11	247.81
	12	495.62
500	7	9.02
	8	18.05
	9	30.98
	10	61.95
	11	123.90
	12	247.81

Sabendo que a estufa pode estar como numa zona urbana ou rural analisou-se a tabela 2 tendo em conta qual os melhores parâmetros para cada zona:

- **Rural**

Nesta localização não existe tanto congestionamento, pelo que a largura de banda ideal seria de 500 kHz pois aumenta a taxa de transmissão e reduz o tempo no ar. O fator de espelhamento como afeta diretamente a resistência do sinal a interferências e o alcance da comunicação, para esta localização, onde o alcance da gateway pode ser maior e pode haver menos interferências, os valores mais baixos como o 7 ou 8 podem ser os mais adequados para o tempo no ar e aumentar a transmissão de dados conservando assim a bateria.

- **Urbana**

Para uma zona urbana onde o espectro pode estar mais congestionado, a largura de banda de 125 kHz pode ser a mais adequada para evitar interferências. Os valores do fator de espelhamento mais altos como 11 ou 12 aumentam a robustez do sinal e garantem a entrega dos dados.

Dependendo do estado do clima na estufa (*Normal*, *Warning* ou *Action*) é necessário que os dados sejam transmitidos a diferentes ritmos e com maior ou menor resistência. A tabela seguinte mostra os melhores valores para cada caso e localização:

- **Zona Rural**

- 1. Warning

- SF: Moderado a alto (por exemplo, SF9)
 - LB: Médio a largo, dependendo da necessidade de taxa de transmissão (por exemplo, 250 kHz)
 - Um SF moderado a alto oferece boa sensibilidade do receptor e resistência a interferências. Uma largura de banda maior pode ser útil para manter uma taxa de transmissão razoável em ambientes menos congestionados.

- 2. Normal

- SF: Moderado (por exemplo, SF8)
 - LB: Moderado a largo, dependendo da necessidade de taxa de transmissão (por exemplo, 250 kHz)
 - Um SF moderado equilibra a sensibilidade do receptor e a taxa de transmissão. A largura de banda pode ser ajustada para atender às necessidades de cobertura e taxa de transmissão, considerando que o espectro pode estar menos congestionado.

- 3. Action

- SF: Baixo (por exemplo, SF12)
 - LB: Estreito a moderado, para evitar colisões (por exemplo, 125 kHz)
 - Um SF baixo oferece máxima sensibilidade do receptor e resistência a interferências. Uma largura de banda menor é preferível para evitar colisões e garantir uma comunicação rápida e confiável, mesmo em áreas menos congestionadas.

- **Zona Urbana**

- 1. Warning

- SF: Baixo (por exemplo, SF8)
 - LB: Estreito a moderado, para evitar colisões (por exemplo, 125 kHz)
 - Um SF baixo oferece máxima sensibilidade do receptor e resistência a interferências. Uma largura de banda menor é preferível para evitar colisões e garantir uma comunicação rápida e confiável, mesmo em áreas menos congestionadas.

- 2. Normal

- SF: Baixo (por exemplo, SF8)
 - LB: Estreito a moderado, para evitar colisões (por exemplo, 250 kHz)
 - Justificativa: Um SF baixo oferece máxima sensibilidade do receptor e resistência a interferências. Uma largura de banda menor é preferível para evitar colisões e garantir uma comunicação rápida e confiável, mesmo em áreas menos congestionadas.

3. Action

- SF: Baixo (por exemplo, SF12)
- BW: Estreito a moderado, para evitar colisões (por exemplo, 125 kHz)
- Justificativa: Um SF baixo oferece máxima sensibilidade do receptor e resistência a interferências. Uma largura de banda menor é preferível para evitar colisões e garantir uma comunicação rápida e confiável, mesmo em áreas menos congestionadas.

Simulação

Usou-se a ferramenta Radio Mobile para efetuar a simulação da cobertura dos gateways. Usou-se já uma rede previamente desenvolvida num workshop sobre o planeamento da rede LoraWAN[7][8]. Neste workshop já estavam efetuadas as redes com o SF7 e SF12, mudou-se os locais sendo que o gateway estará localizado no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Para alternar entre as frequências, mudou-se os valores da sensibilidade dos dispositivos[1].

Observou-se as seguintes figuras para o pior caso, a ferramenta calcula se a pior transmissão é *Uplink* ou o Downlink, com um fator de espelhamento 7. Sendo este o menor valor, os sinais de ambos irão ter pouco tempo no ar (*Time on air*) pelo que irão ter um alcance menor. Com o aumentar da largura de banda o alcance vai se tornando maior e com isso o tempo no ar também vai aumentando, tornando uma boa opção para comunicações a longa distância como por exemplo ter o dispositivo numa zona rural sendo que a gateway encontra-se na cidade. No caso de a gateway e o dispositivo estarem numa zona urbana este pode não ser o melhor fator devido à interferência que possa ocorrer numa cidade podendo levar assim a problemas durante a comunicação, no entanto para os casos de utilização Normal é uma boa opção. Para casos em que estão a uma longa distância o melhor é usar uma largura de banda baixa.

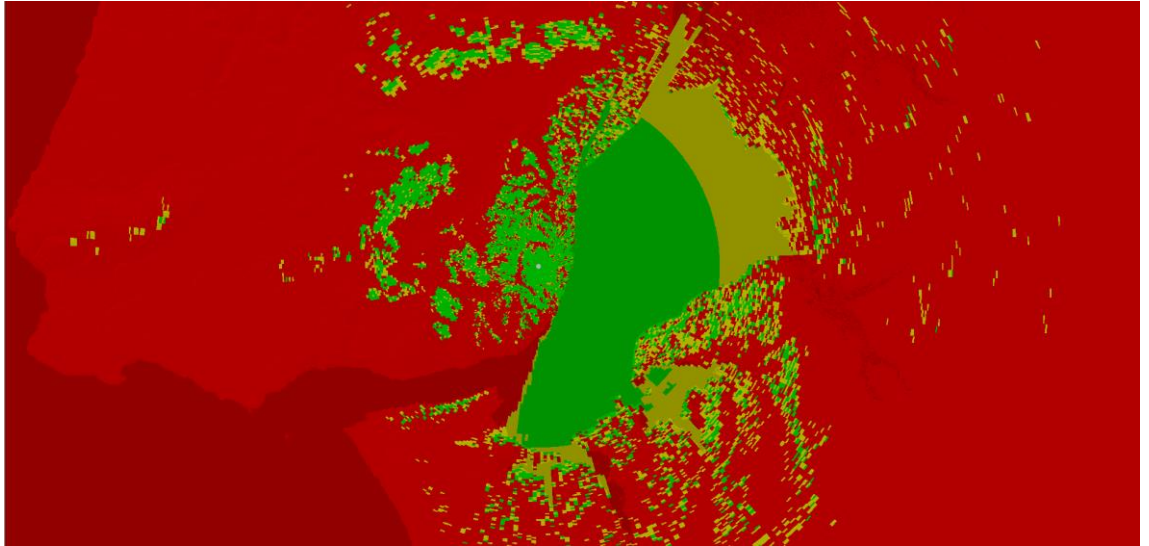


Figura 1- SF7 - 500 kHz

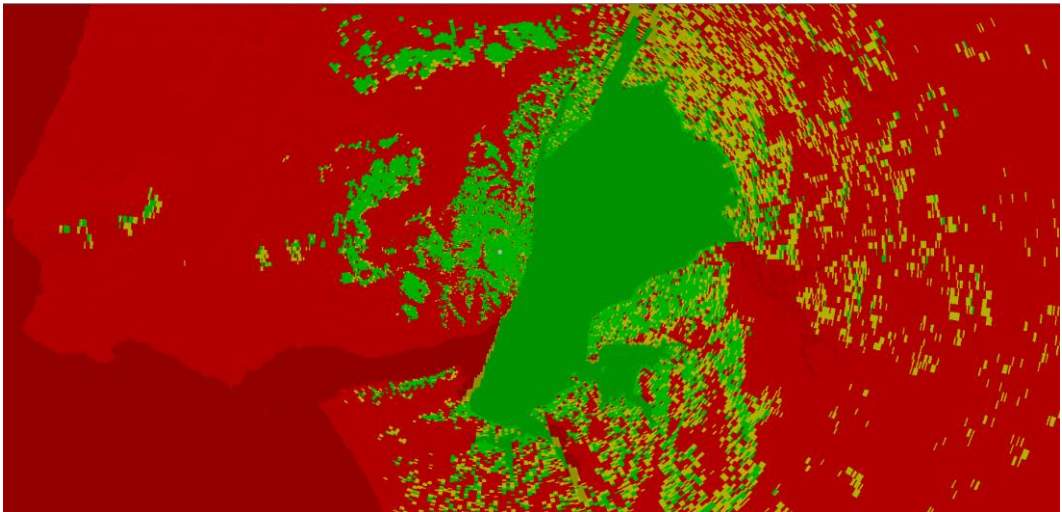


Figura 2- SF7 - 250 kHz

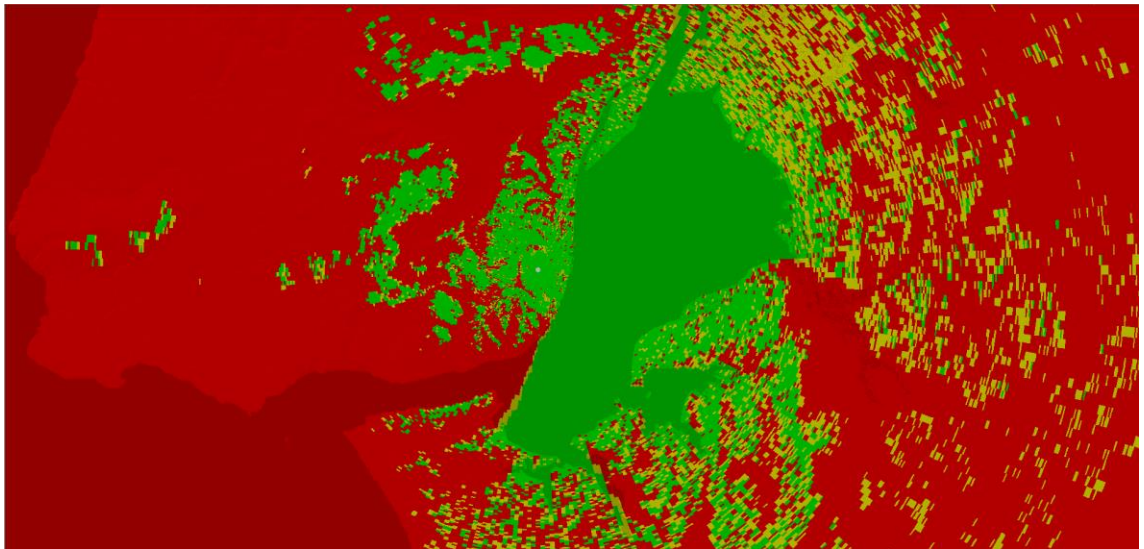


Figura 3- SF7 - 125 kHz

Nas seguintes imagens podemos observar que com um fator de espelhamento maior oferecemos uma maior a resistência a interferências, útil para os casos de Warning e Action para garantirem que os dados são entregues numa fase crítica na monitorização da estufa. Também é uma boa solução para estufas que se encontram num meio rural, oferecendo assim robustez à comunicação, mas quanto mais longe esta se encontrar menor tem que ser a largura de banda usada na transmissão para garantir a chegada dos dados no destino.

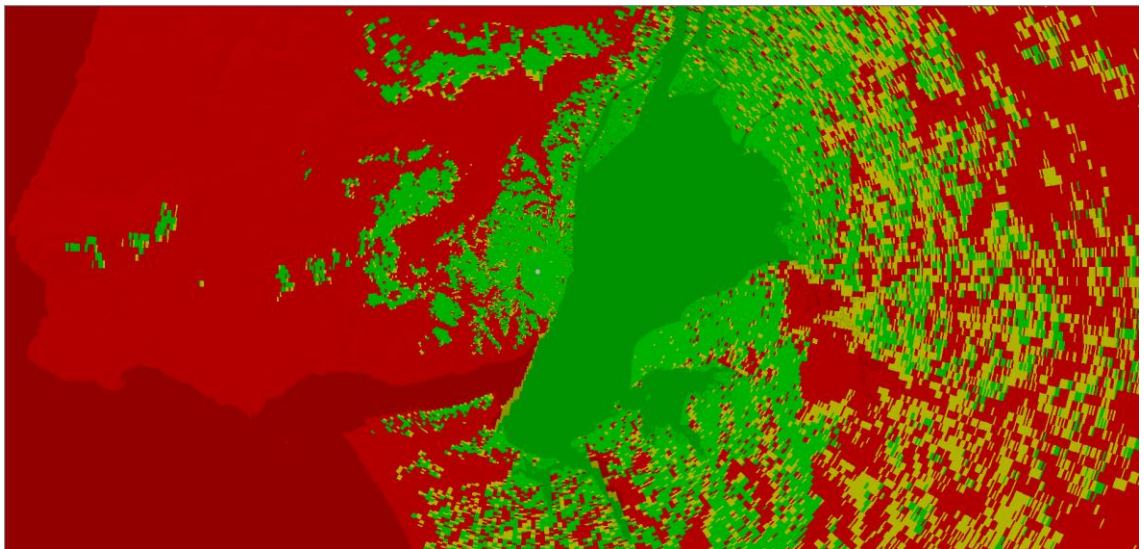


Figura 4- SF12 - 500 kHz

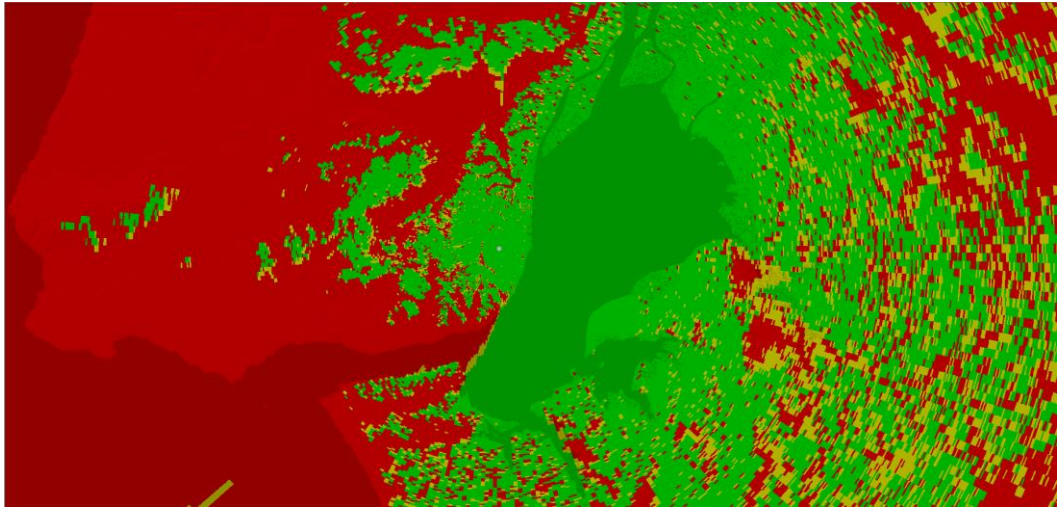


Figura 5- SF12 - 250 kHz

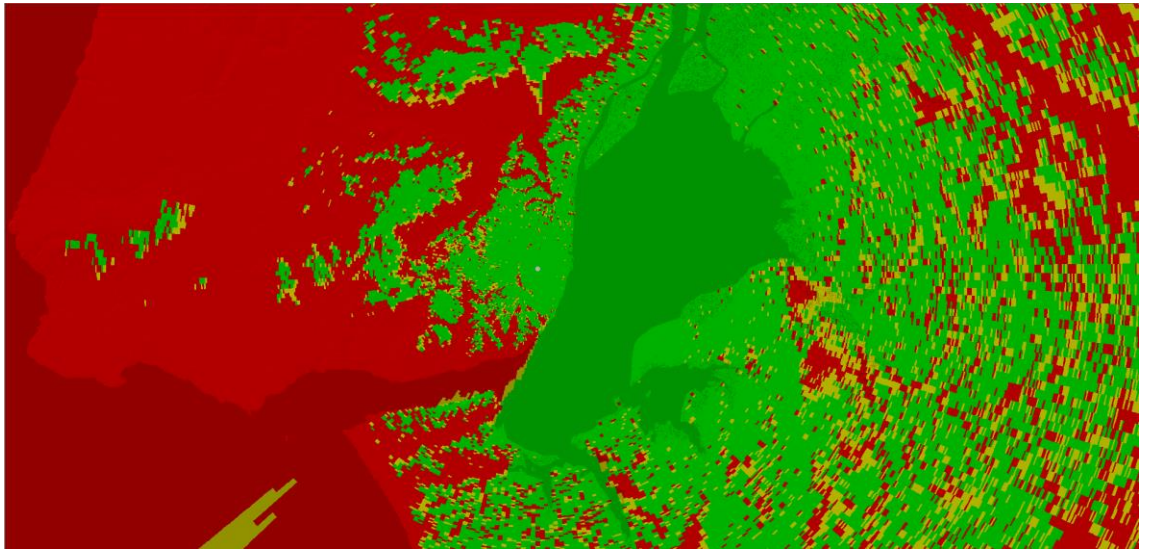


Figura 6- SF12 - 125 kHz

Bibliografia/Cibergrafia

- [1] Nuno Cota, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, “3. Low Power Wireless Communications Infrastructure and Protocols”, 24-04-2024
- [2] Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, “Connecting to the Cloud”, 24-04-2024
- [3] <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/sending-and-receiving-messages-with-lorawan/sending-and-receiving-messages>, 24-04-2024
- [4] <https://docs.arduino.cc/learn/communication/lorawan-101/>, 24-04-2024
- [5] <https://www.mokolora.com/pt/what-is-lorawan/>, 24-04-2024
- [6] <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>, 24-04-2024
- [7] Remko Welling, University of Applied Science HAN, “Workshop LoRaWAN Radio Planning - Simulating your network deployment”, 24-04-2024
- [8] https://github.com/pe1mew/TTN_Conference_WorkshopRadioPlanning, 24-04-2024