

Trabalho de Conclusão de Curso



UNIOESTE - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Desenvolvimento de uma Rede de Sensores Sem Fio de Baixo Custo

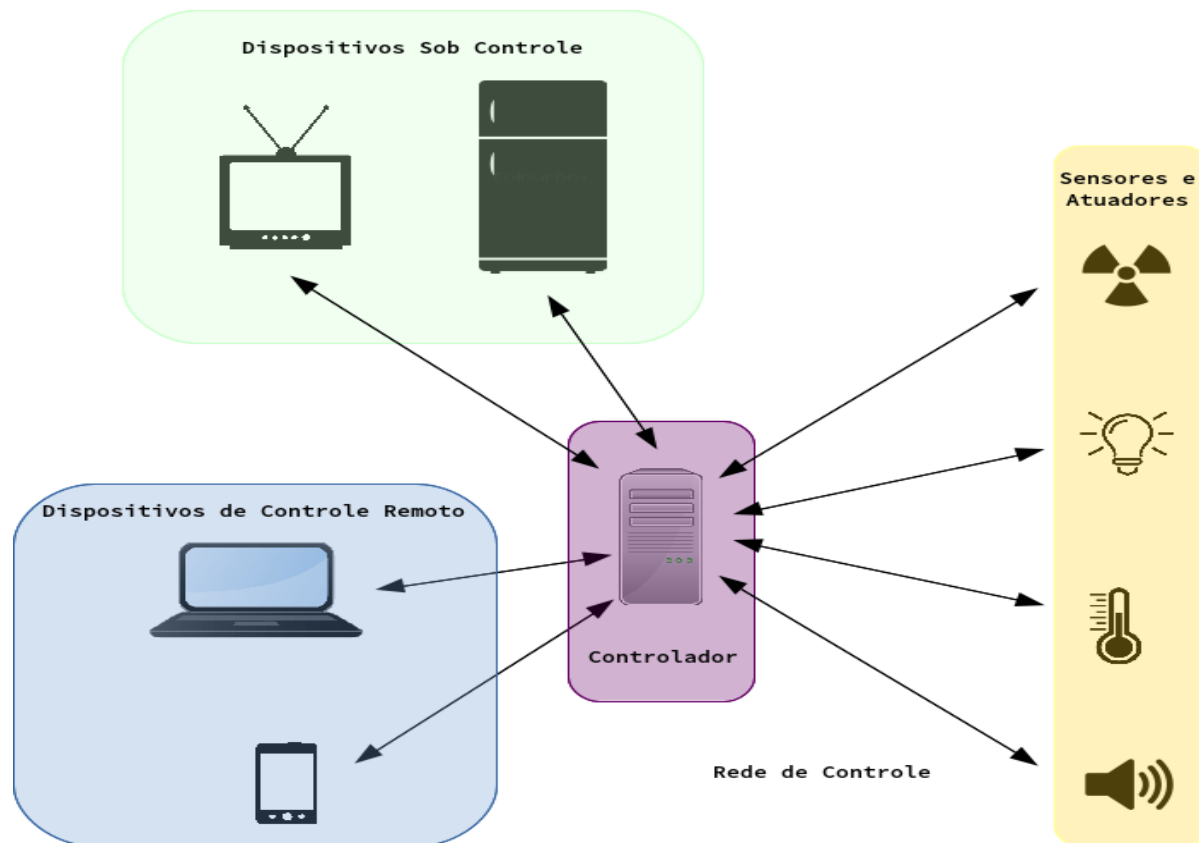
Augusto Lopez Dantas

Foz do Iguaçu – PR
2016

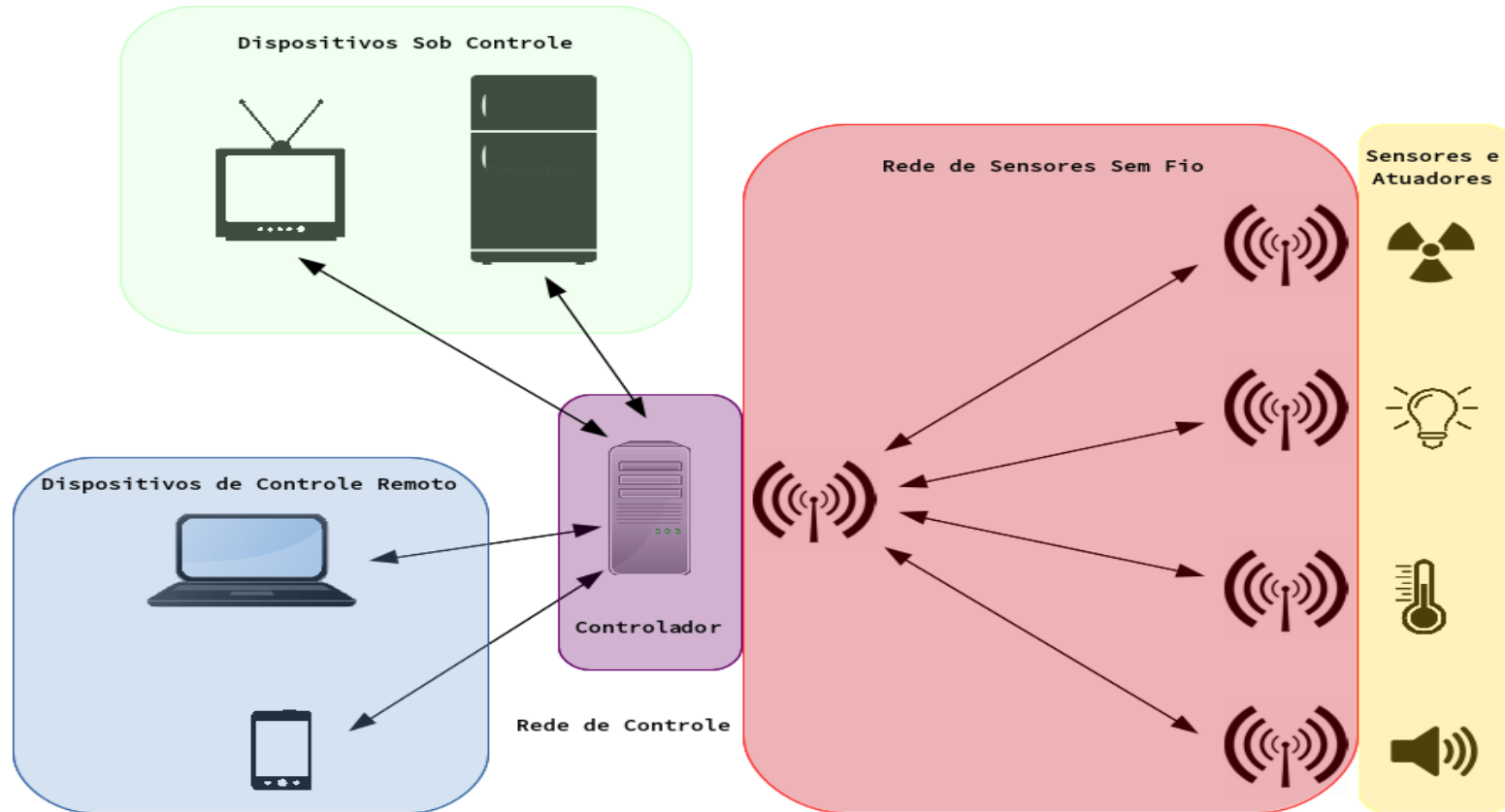
Automação Residencial

- Ausência de assistência humana
- Casa inteligente
- Monitoramento
- Segurança
- Entretenimento

Conceitos Chaves



RSSF



RSSF Ideal

- Escalabilidade
- Baixo consumo de energia
- Confiabilidade
- Precisão
- Baixo custo de desenvolvimento e manutenção

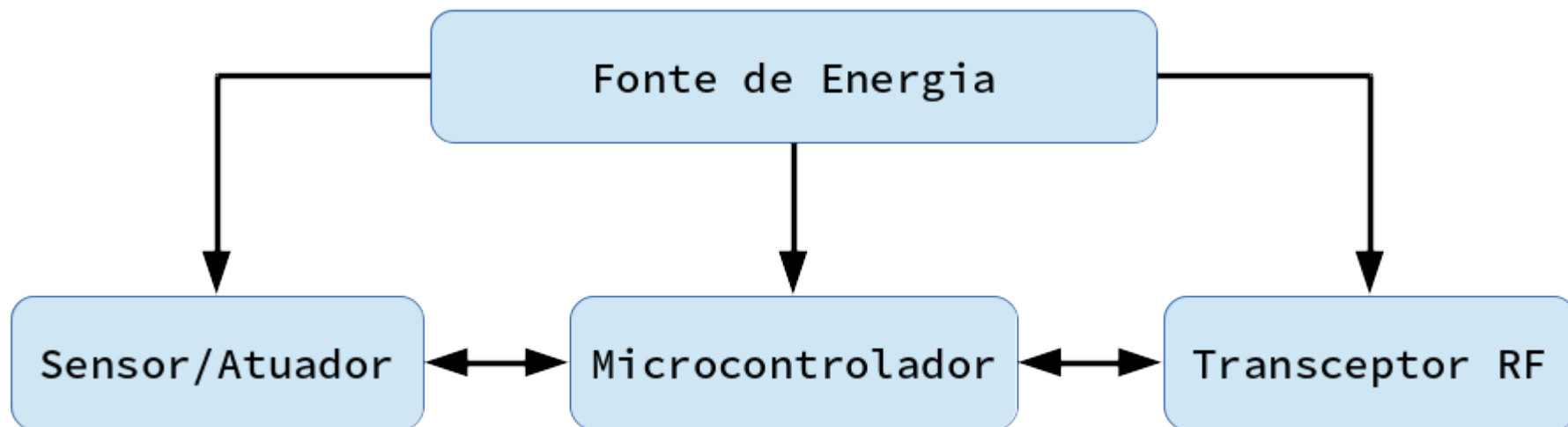
Tipos de RSSF

- Sob demanda
- Periódica
- Orientada à eventos

Aspectos Importantes

- Composição dos nós
- Topologia da rede
- Mecanismos de segurança

Composição dos Nós



Sensores e Atuadores

- Temperatura
- Luz
- Umidade
- Gás
- Relé

Microcontroladores

Microcontrolador	Pinos	Flash	RAM	Velocidade CPU	ADC	UART	SPI	Temporizador	Consumo	Preço
Atmega328p	32	32 KB	2 K	20 MHz	Sim	Sim	Sim	Sim	Active Mode: 0.2 mA Power-down Mode: 0.1 μ A Power-save Mode: 0.75 μ A	US\$ 3.70
PIC16F1718	28	28 KB	2 K	32 MHz	Sim	Sim	Sim	Sim	Operating Current: 0.03 mA Sleep Mode: 0.05 μ A	US\$ 1.68
MSP430G2553IN20	20	16 KB	512 K	16 MHz	Sim	Sim	Sim	Sim	Active Mode: 0.23 mA Off Mode: 0.1 μ A Standby Mode: 0.5 μ A	US\$ 2.66

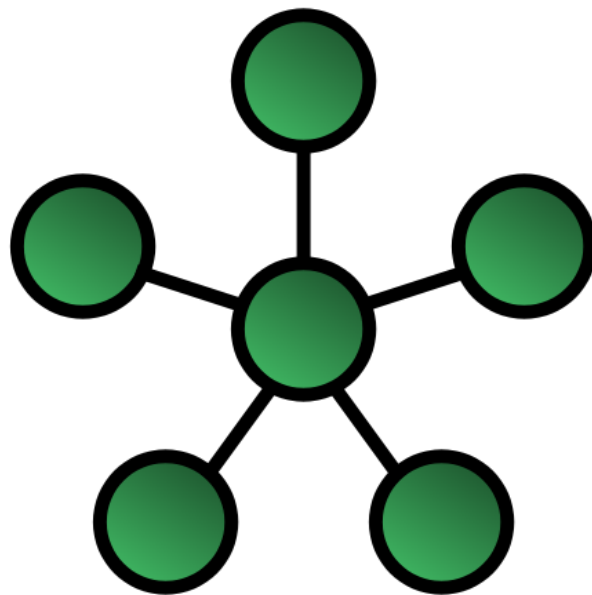
Transceptores

Transceptor	Padrão/Protocolo	Taxa de Transmissão Máxima	Consumo RX	Consumo TX	Consumo Espera	Preço
nRF24L01+	Enhanced ShockBurst	2 Mbps	13.5 mA	11.3 mA	26 μ A	US\$ 3.00
CC2500	IEEE 802.15.4	500 Kbps	17 mA	21.2 mA	1.5 mA	US\$ 4.00
xBee Series 1	IEEE 802.15.4 / ZigBee	250 Kbps	50 mA	45 mA	10 μ A	US\$ 25.00
ESP8266	Wi-Fi	54 Mbps	60mA	145 mA	0.9 mA	US\$ 7.00

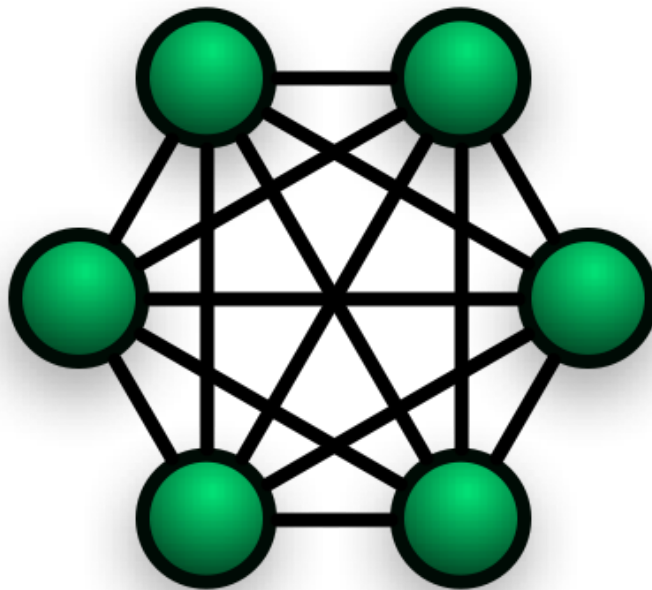
nRF24L01+



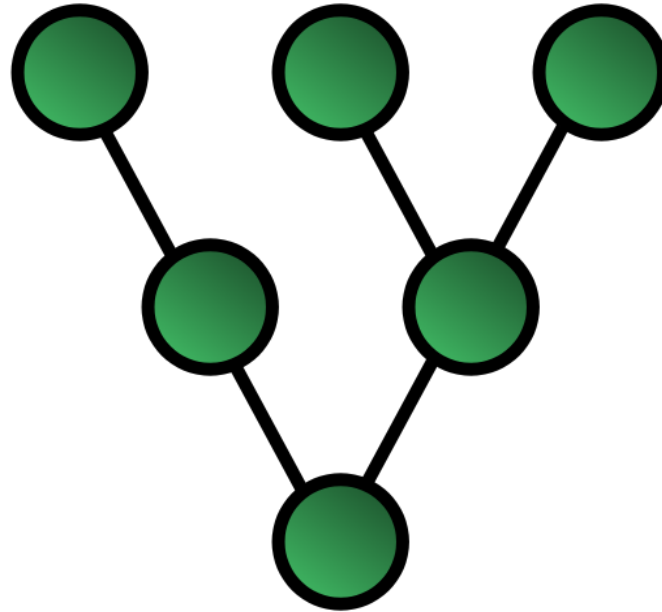
Topologia da Rede - Estrela



Topologia da Rede - Malha



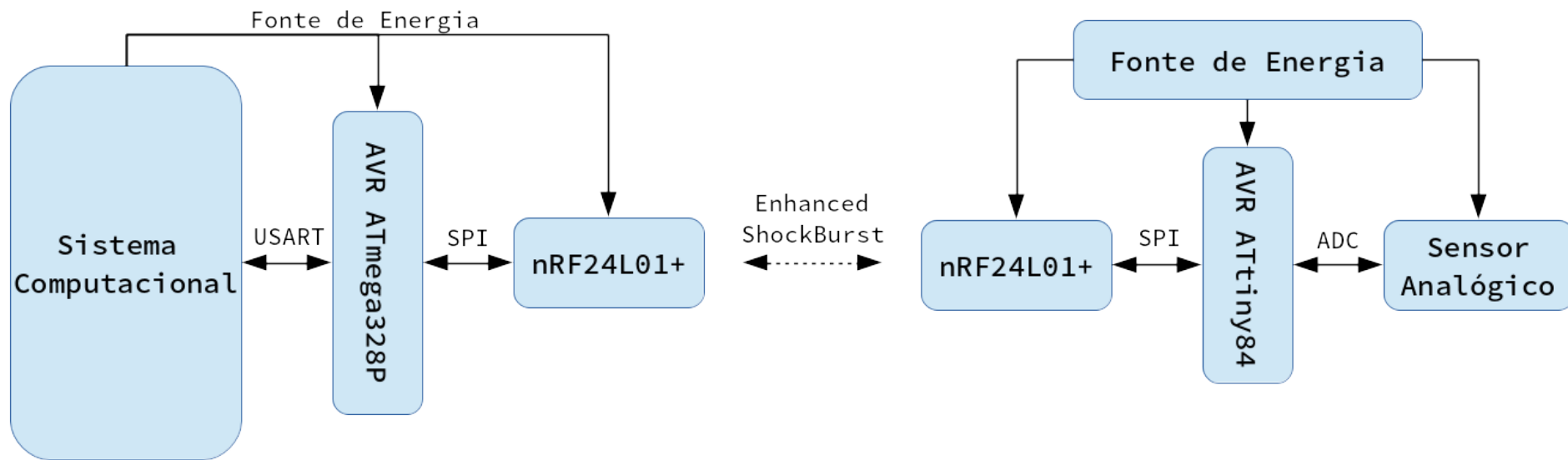
Topologia da Rede - Árvore



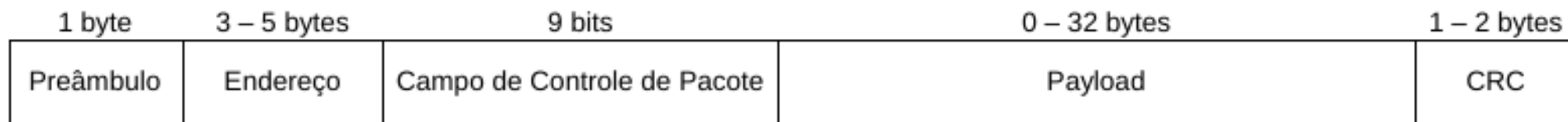
Arquitetura Proposta

- AVR
- NRF24L01+
- Árvore
- Sob demanda; Periódica; Orientada à Eventos
- 2 transdutores por nó
- Busca de caminho automática

Comunicação Ponto a Ponto



Pacote Enhanced ShockBurst



Definições

- Tempo de espera para retransmissão: 1250 μ s
- Quantidade máxima de retransmissões: 15
- Taxa de envio: 1Mbps

Roteamento

- Utiliza o payload da mensagem (20 *bytes*)
- Comunicação indireta com 5 saltos
- Armazenado pelo sistema computacional
- Pior caso: 187.5 ms ($1250 \mu\text{s} * 15 * 5 * 2$)

Busca de Caminho

- Processo automático
- Técnica de difusão
- Endereço Pai
- Endereço Próprio

Mensagem



Tipos de Mensagem

- **A:** Address - Endereço
- **F:** Failure - Falha
- **M:** Measurement - Medição
- **N:** New Node - Novo Nó
- **P:** Parent - Pai
- **R:** Read - Leitura
- **W:** Write - Escrita

Endereço, Falha, Pai

1 byte	5 bytes
('A' 'F' 'P')	Endereço

Emergência

1 byte	5 bytes	2 bytes
'E'	Endereço	Valor

Medição

1 byte	1 byte	1 byte	2 bytes	1 byte	1 byte	2 bytes
'M'	Periférico 1	Categoria 1	Valor 1	Periférico 0	Categoria 0	Valor 0

Novo Nó

1 byte	1 byte	1 byte	5 bytes
'N'	Periférico 1	Periférico 0	Endereço

Leitura

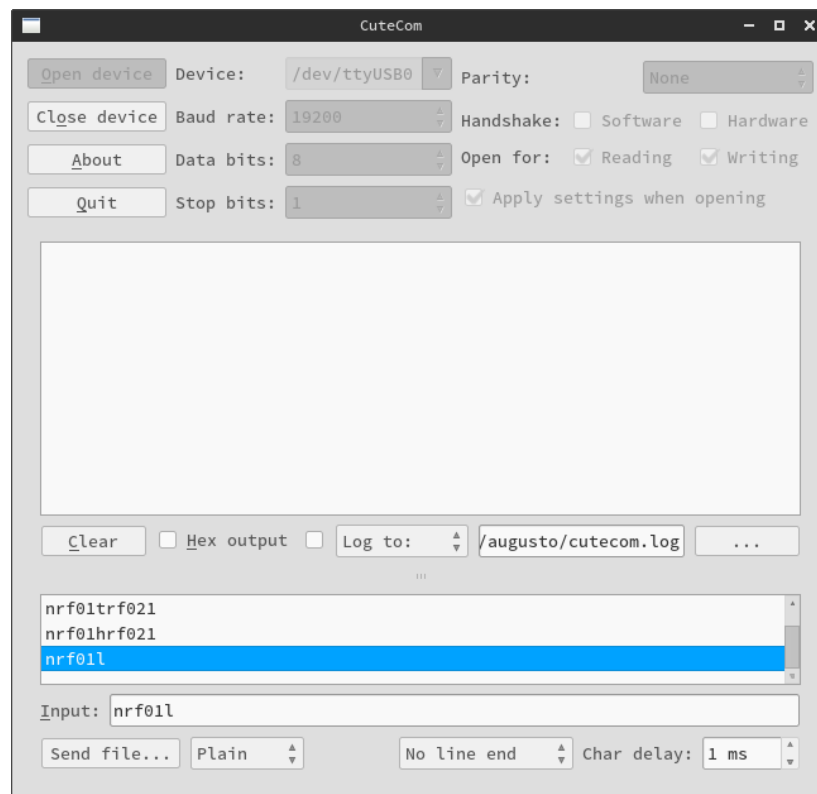
1 byte

'R'

Escrita

1 byte	2 bytes	2 bytes
'W'	Valor 1	Valor 0

Testes e Experimentação



- 10 Cômodos com 3 nós cada
- 1 nó de emergência
- 5 nós de umidade em plantas
- 1 nó principal

Arduino Mini e XBee

	MCU	Transceptor	Nó Principal	Nó Remoto	Total
Solução Obtida	U\$ 3,70 / U\$ 1,80	U\$ 3,00	U\$ 6,70	U\$ 4,80	U\$ 179,50
Solução Comum	U\$ 10,00	U\$ 25,00	U\$ 35,00	U\$ 35,00	U\$ 1.295,00

Conclusões e Trabalhos Futuros

- Sistema Computacional
- Criptografia
- Reduzir o consumo do MCU
- Energias Renováveis

Dúvidas?

Obrigado!

augusto.ld@bolsista.pti.org.br