

# Sistema de Monitoramento Ambiental para Medição de Salinidade da Água do Mar

## 1. Resumo

Este projeto apresenta o desenvolvimento de um protótipo de sistema de monitoramento ambiental com aplicações no âmbito da colaboração com o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, IEAPM, para realizações de medidas de salinidade da água do mar *in situ*. O sistema eletrônico embarcado apoia-se no emprego de microcontroladores e eletrônica analógica para condicionamento de sinais e possui recursos de relógio de tempo real, comunicação serial e gravação de dados, além de sensores de pressão, temperatura e condutividade. Foram alcançadas inovações na medição de condutividade pelo método de corrente contínua em célula de quatro eletrodos.

## 2. Motivação

A salinidade da água do mar é uma grandeza relacionada fisicamente com a dinâmica dos mares e biologicamente com o *habitat* das espécies marinhas. Embora possa ser determinada quimicamente pela quantificação dos íons cloreto, métodos de medição fundamentados na condutividade elétrica têm sido adotados desde a década de 1.960. Os princípios de medida mais explorados utilizam células de condutância de dois ou quatro eletrodos com excitação em frequências da ordem de 1 kHz, ou superiores, evitando os efeitos deletérios decorrentes dos fenômenos de dupla camada e impedância de Faraday. Este projeto é desenvolvido considerando a medição com células de quatro eletrodos em corrente contínua em busca de um sistema eletrônico simples em comparação com outros que operam em altas frequências.

## 3. Princípio da medida

Uma célula de condutância constitui-se de eletrodos convenientemente dispostos para medição da condutância em uma amostra de eletrólito onde estiver imersa através da impressão de uma corrente elétrica  $I$  e a medição da queda de tensão  $V_{célula}$  correspondente. Se a condutividade da solução for conhecida, a razão entre ela e a condutância medida determina a **constante de célula**, que é uma característica geométrica (fator de forma) da célula:

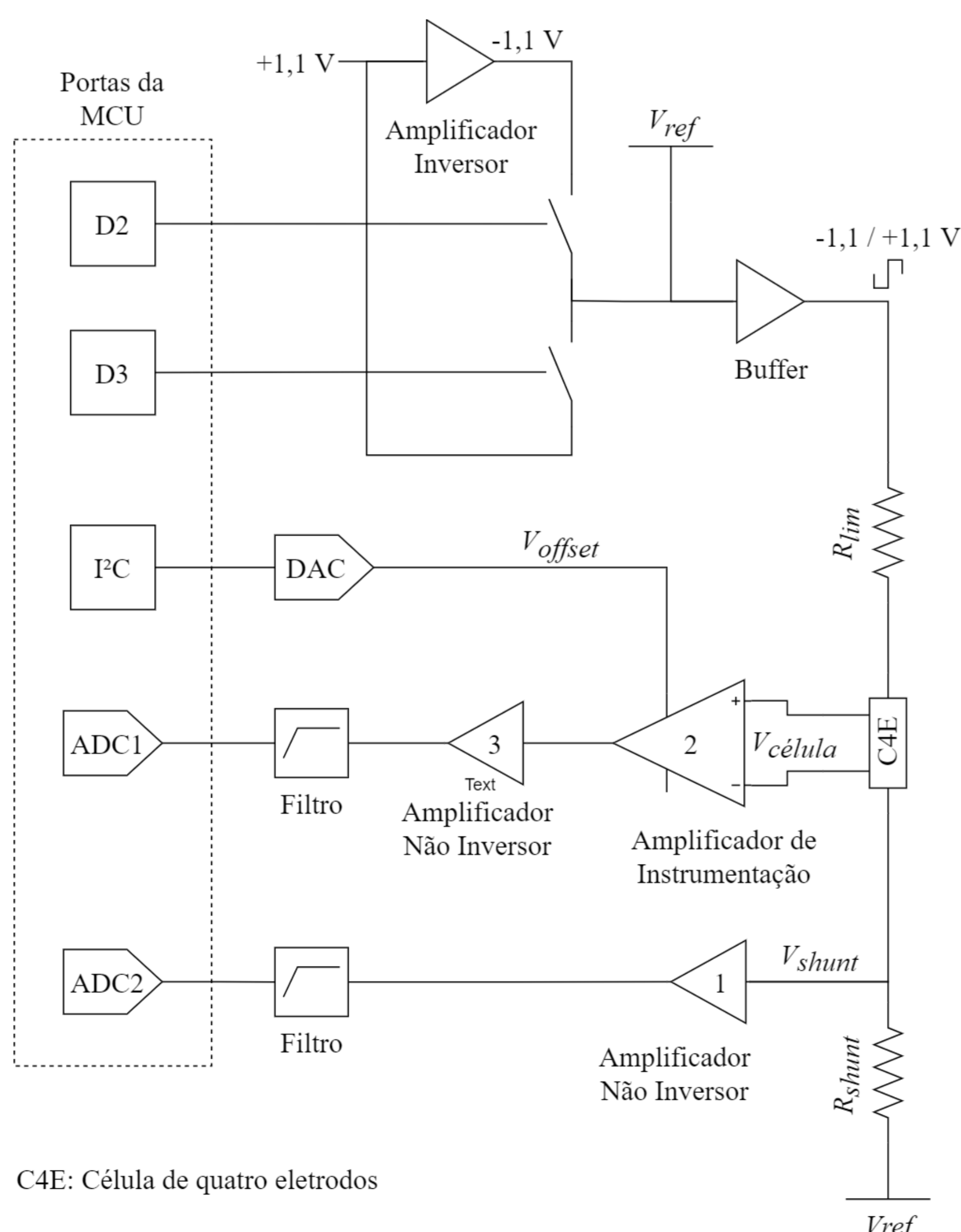
$$K_{célula} = \frac{k_{sol}}{G_{cal}}$$

**Células de quatro eletrodos** permitem a circulação de corrente pelo eletrólito e a medição da queda de tensão por pares de eletrodos exclusivos, o que evita interferências na medição de tensão associadas aos fenômenos de polarização e eletrólise que ocorrem nas proximidades dos eletrodos de corrente.



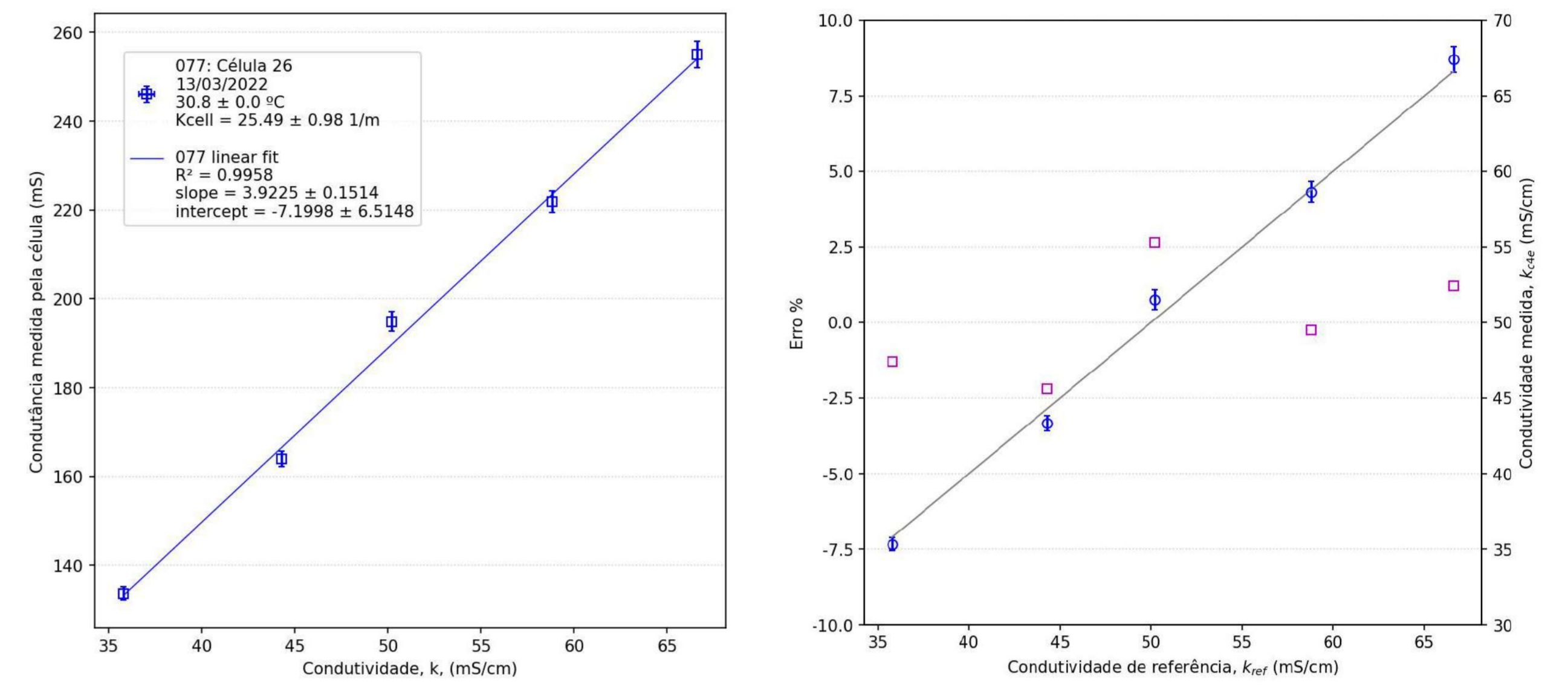
## 4. Esquema de medida

- Fonte de sinais com saída  $\pm 1,1V$  controlada por MCU.
- Ramo *shunt*-célula com resistor limitador de corrente.
- Respetivos circuitos analógicos de amplificação dos sinais de tensão na célula e no *shunt* para conversão AD pela MCU.



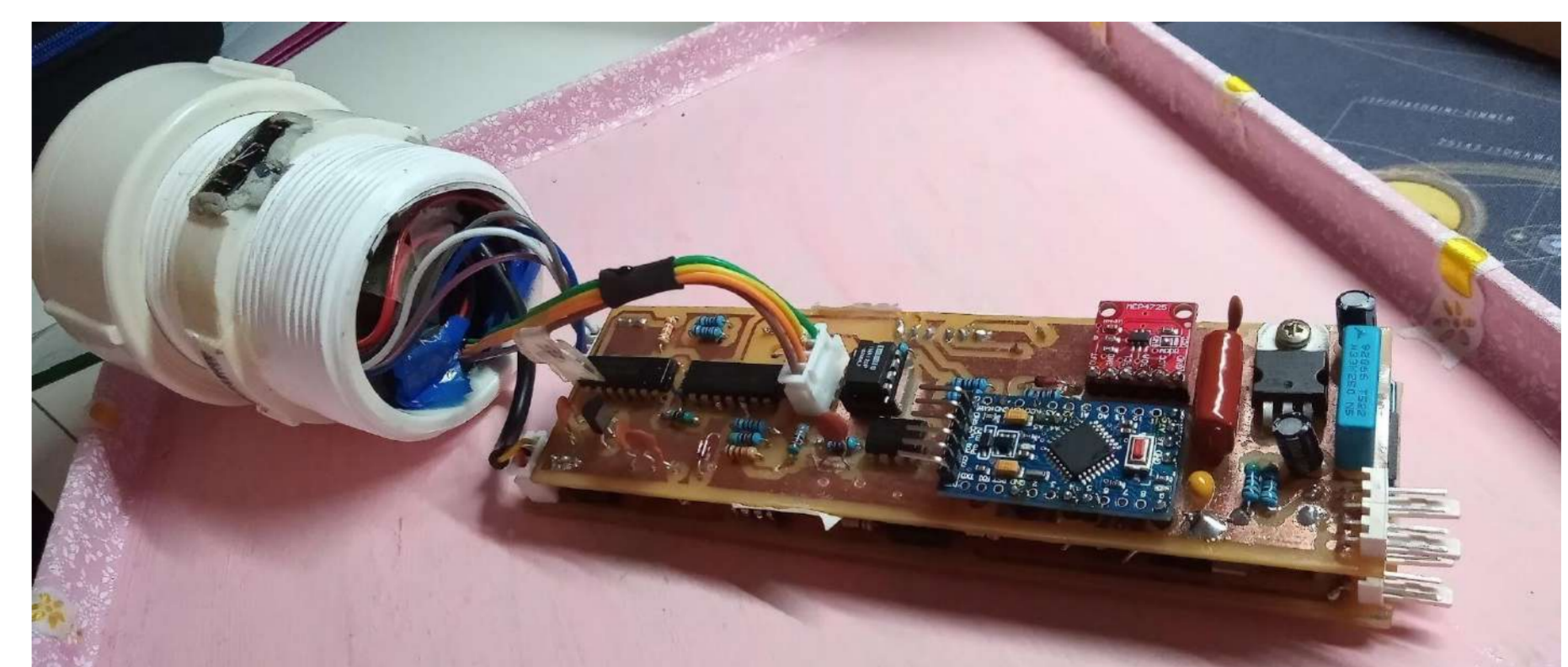
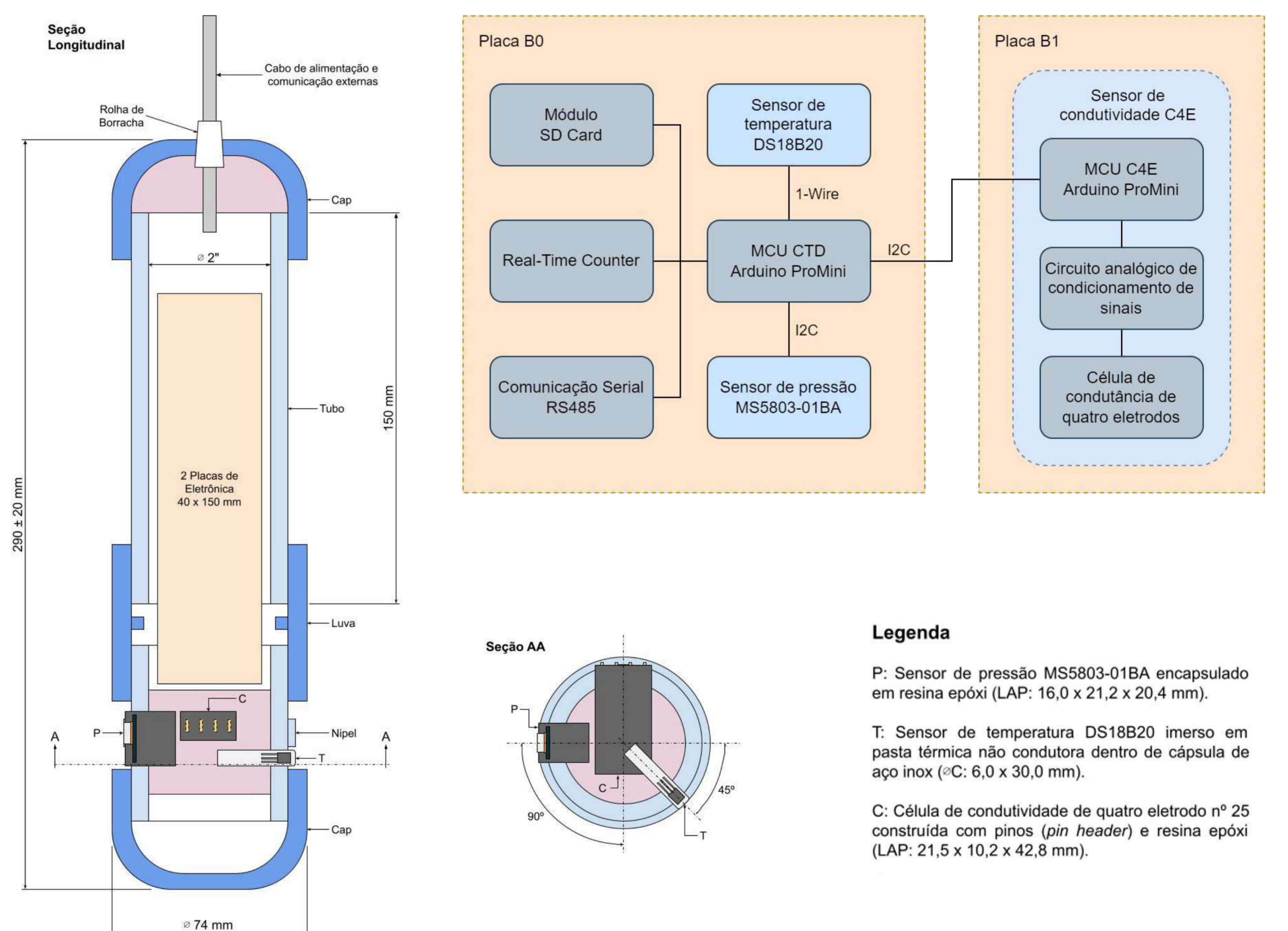
## 5. Resultados de bancada

- Curva  $k \times G$  permite a obtenção da **constante de célula** na faixa de condutividade considerada para medições utilizando soluções de condutividade conhecidas.
- A constante de célula  $K_{célula}$  obtida permite converter os resultados das medições de condutâncias de amostras nos respectivos valores de condutividades. Se a condutividade das soluções for conhecida, é possível conhecer o erro percentual associado a cada medida.
- Os valores de condutividades precisam ser corrigidos pela temperatura para efeito de comparação.



## 6. Sistema embarcado e invólucro

- Sistema embarcado composto por duas placas eletrônicas B0 e B1.
- B0 possui os recursos de comunicação externa, relógio e armazenamento de dados, além das conexões com os sensores de temperatura e de pressão.
- B1 possui a conexão com a célula de condutância, circuito analógico de condicionamento de sinais e MCU própria, exclusiva para tratamento dos dados de condutividade.
- Invólucro construído com elementos PVC de 2".



## 7. Ensaios preliminares em campo

- Cais da estação maregráfica do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, IEAPM, em Arraial do Cabo, RJ.
- Sistema montado e preso a um sistema cabo-poita para testes de imersão e estanqueidade.

