



EEL510265 – Programação de Sistemas Embarcados  
EEL7323 – Programação C++ para Sistemas Embarcados  
ESE410020 – Tópicos Especiais em Sistemas Eletrônicos:  
Programação de Sistemas Embarcados

# Controlador de ar-condicionado

Eduardo.Bezerra@ufsc.br

Florianópolis, 18 de janeiro de 2022.

# Exercício: Controlador de ar-condicionado



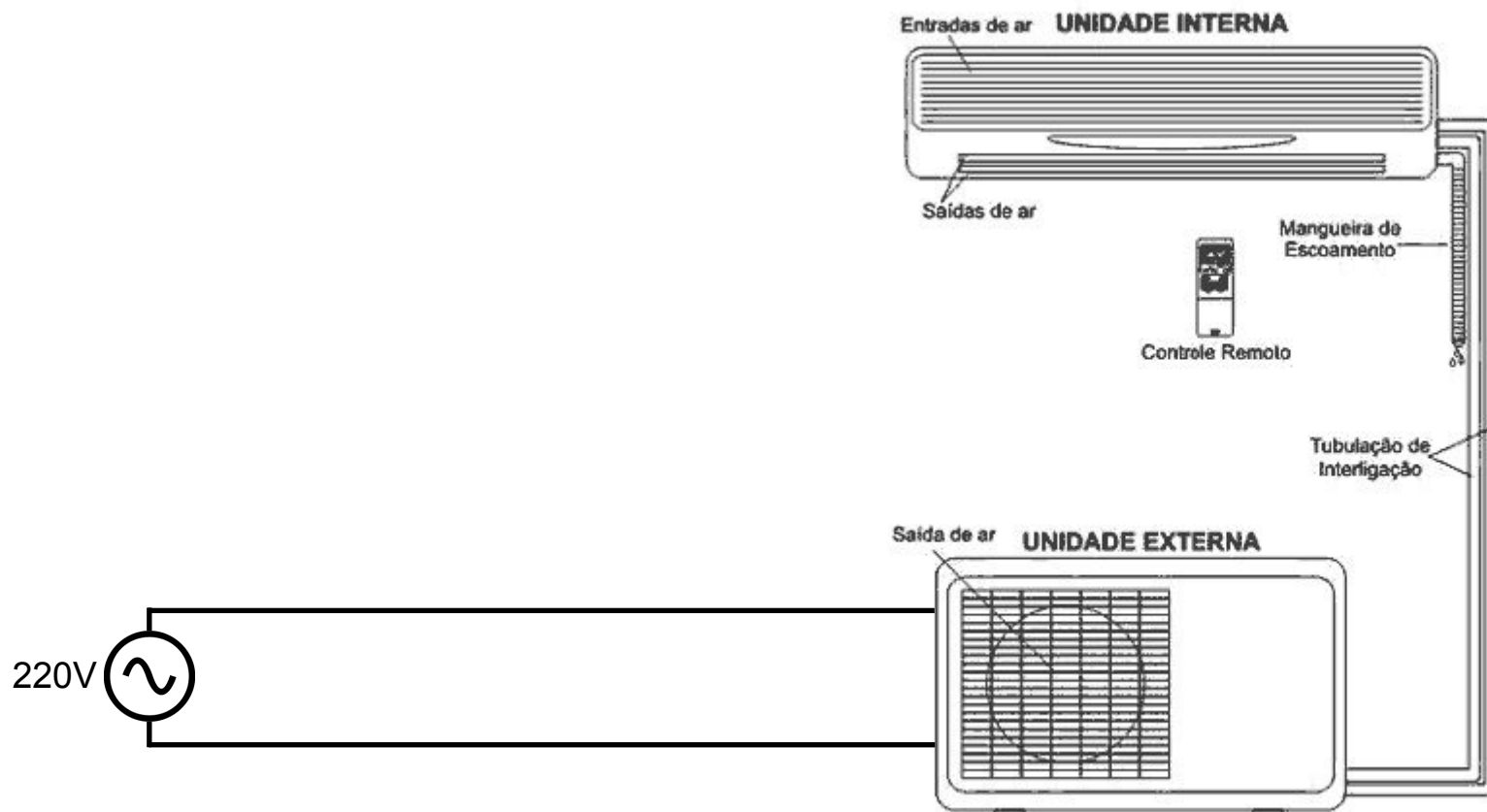
## Objetivos:

- Exercitar a modelagem OO visando implementação em C++
- Entender os desafios do projeto integrado de software/hardware para sistemas embarcados
- Praticar o fluxo completo de projeto de sistemas em C++ para sistemas embarcados

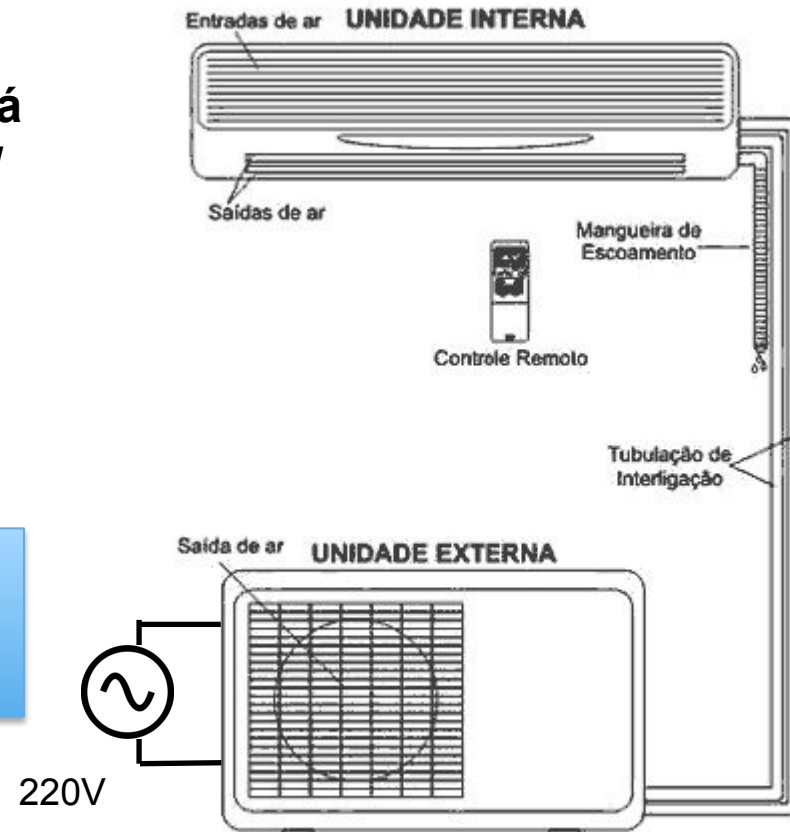
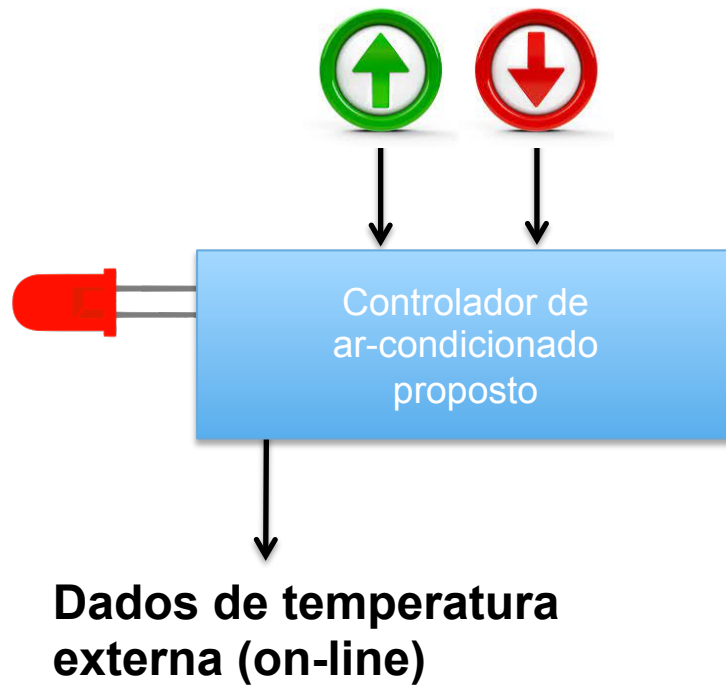
Problema: ar-condicionado ligado em temperaturas inadequadas para o conforto térmico.

Meta: utilização de algoritmos de IA e informações adicionais para melhorar o conforto térmico e economia de energia.

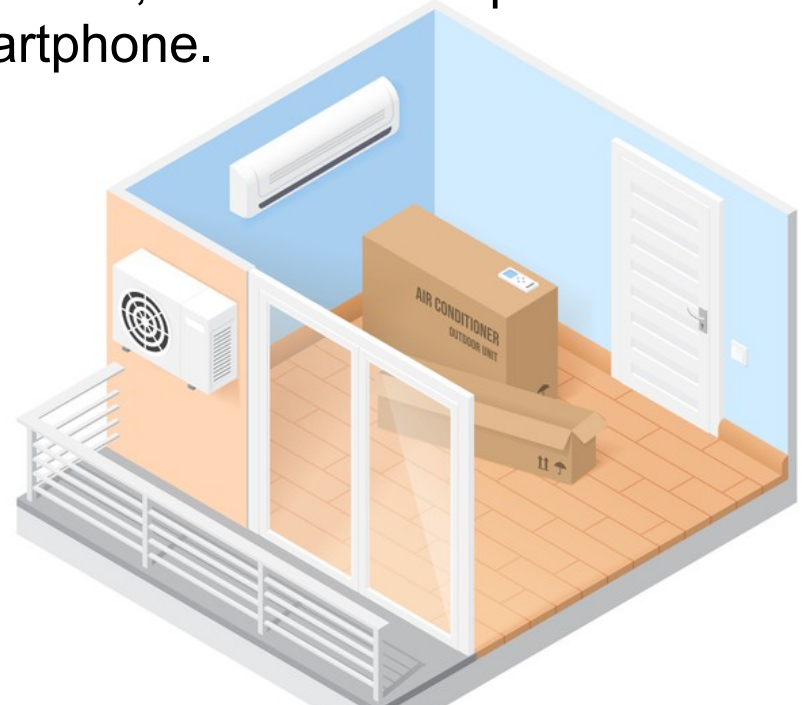




**Dois botões para usuário indicar se está confortável aumentar/ diminuir temperatura**



- O controlador deverá ser embarcado em um microcontrolador e deverá utilizar TensorFlow Lite para a rotina de IA que agregará as informações e fará a tomada de decisão.
- O ajuste de temperatura é realizado a partir de dois parâmetros de entrada: temperatura ambiente, que pode ser obtida através de um serviço on-line; e dois botões que o usuário utiliza para indicar se quer aumentar ou diminuir a temperatura.
- A plataforma poderá conter um LED infravermelho que enviará o comando para o aparelho de ar-condicionado, há também a possibilidade do comando ser enviado via app de smartphone.



## **Especificação – Software do sistema embarcado:**

O sistema proposto será utilizado para evitar o gasto de energia elétrica com aparelhos de ar-condicionado que tem superestimado o conforto térmico.

O sistema deverá aprender as características do usuário e interpretá-las junto com as informações de temperatura ambiente externas.

Sempre que houver alguma alteração imposta pelo usuário, o microcontrolador deverá ajustar os parâmetros do seu algoritmo e enviar um novo comando ao aparelho.

O envio do comando poderá ser feito de duas formas: através de um LED IR que transmite o comando diretamente ao aparelho de ar-condicionado (veja um exemplo de ativação no material que foi disponibilizado); ou via aplicativo de smartphone (sistema embarcado envia o comando para um aplicativo, que por sua vez envia para o ar-condicionado).

O software embarcado deverá ser escrito na linguagem C++, e deverão ser utilizados os conceitos de programação orientada a objetos, principalmente o uso de polimorfismo com classes abstratas visando a portabilidade do código para diversos fabricantes de aparelhos de ar-condicionado (quando necessário).

## Especificação – **Software do sistema embarcado (cont.):**

O software do microcontrolador deverá registrar um log das operações realizadas, utilizando uma estrutura de fila para armazenar as informações sobre os eventos ocorridos. O sistema deverá registrar, pelo menos, dois tipos de eventos:

- O ar-condicionado foi ajustado devido à variações na temperatura externa.
- Um dos botões de ajuste foi pressionado, quando o usuário informou que não estava satisfeito com a temperatura atual.

Na ocorrência de cada um desses eventos, deverá ser incluído um novo nodo na fila contendo: ID do controlador (cada equipamento possui um ID único); e data/hora do evento (usar o clock/calendar desenvolvido anteriormente).

Para possibilitar a consulta das informações, o log precisará ser transferido para um computador hospedeiro (desktop ou notebook). Durante o envio do log para o hospedeiro, a fila deverá ser esvaziada (o log será reinicializado), e os dados transferidos para outra estrutura de dados no hospedeiro (uma lista, por exemplo). O software do hospedeiro também deve ser escrito em C++.



## Especificação – **Software do sistema embarcado (cont.):**

A comunicação com o hospedeiro deve ser realizada por intermédio de uma UART (pode ser utilizado um cabo de conversão UART/USB). Além disso, deve ser previsto algum meio de comunicação wireless para transferência de dados para um smartphone.

**IMPORTANTE!!** Não é necessário implementar o software de comunicação wireless com o smartphone. Basta deixar indicado na documentação (visando trabalhos futuros) os módulos necessários para realizar a comunicação (ex. módulos Bluetooth, wifi, entre outros para o sistema embarcado selecionado).

## Especificação – Software do computador e Software do smartphone:

No hospedeiro (computador ou smartphone), a qualquer instante, um “admin” poderá realizar as seguintes consultas no log:

- listar todos os eventos ocorridos em um determinado intervalo de datas; e
- obter o tempo total (em horas e minutos) que o sistema manteve o ar-condicionado alimentado, em um determinado intervalo de datas.

O software do hospedeiro deve ser escrito em C++, sendo que no smartphone poderão ser utilizados dados sintéticos para representar as informações obtidas do controlador proposto. Não é necessário realizar a transferência de dados do sistema embarcado para o smartphone, mas é preciso descrever o hardware que seria necessário para realizar a transferência wireless (ex. módulo bluetooth, wifi, ...) do sistema embarcado para o smartphone.

Para o caso de um computador (ex. Notebook, desktop), o software deve ser escrito visando a recepção dos dados via porta serial (com cabo).

## Avaliação:

- Será avaliado se na implementação foram utilizados, pelo menos, os seguintes conceitos de C++:
  - Herança
  - Friends
  - Template
  - Funções virtuais
  - Tratamento de exceções
  - Sobrecarga de operadores
  - Polimorfismo (com classes abstratas)
- O trabalho deve ser desenvolvido individualmente. O projeto e as soluções não devem ser compartilhadas entre os alunos, para evitar situações de plágio.
- Deve ser utilizado o [github](https://github.com) para o controle de versão e compartilhamento dos programas com o professor.
- Toda a documentação deve ser preparada e entregue em um único arquivo no formato PDF.
- A entrega do trabalho será realizada no Moodle, respeitando os prazos estabelecidos a seguir.

**03/03/2022**

## **Entrega 1 – Documentação e software do sistema embarcado**

- **Relatório** descrevendo os três programas, ou seja, sistema embarcado, computador (notebook/desktop) e smartphone, incluindo:
  - Diagrama de classes (preliminar).
  - Funcionamento dos programas (usar máquinas de estados, fluxogramas, diagramas de sequência, e outros diagramas que forem úteis para essa descrição).
  - Descrição dos componentes básicos de hardware e de software (ex. descrição da placa ou kit de desenvolvimento a ser utilizado, descrição das bibliotecas necessárias para a implementação, compilador e ferramentas de desenvolvimento a serem utilizadas para o desenvolvimento dos três programas, entre outros).
- **Software do controlador do ar-condicionado implementado e funcionando em C++**. Deve ser entregue uma versão funcional do software, incluindo a funcionalidade da fila para armazenar as informações sobre os eventos (log).
- Essa entrega possui um peso de 30% sobre a nota final do projeto.

**10/03/2022**

## **Entrega 2 – Documentação e **software do computador****

- **Relatório atualizado** descrevendo os três programas, ou seja, sistema embarcado, computador (notebook/desktop) e smartphone, incluindo:
  - Diagrama de classes (atualizado).
  - Estruturas de dados utilizadas (ex. listas encadeadas, filas, pilhas), e as respectivas operações realizadas sobre as estruturas de dados, algoritmos, ...
  - Modelagem e descrição da infraestrutura de comunicação e dos protocolos utilizados entre o sistema embarcado, computador e smartphone.
- **Software do computador (notebook/desktop) implementado e funcionando em C++**. Deve ser entregue uma versão funcional do software a ser executado no computador/notebook, incluindo a funcionalidade da fila para armazenar as informações sobre os eventos (log) recebidos via UART.
- **Essa entrega possui um peso de 30% sobre a nota final do projeto.**

**17/03/2022**

## **Entrega 3 – Documentação, plano de testes e versão preliminar do software para smartphone**

- **Relatório atualizado** descrevendo os três programas, ou seja, sistema embarcado, computador (notebook/desktop) e smartphone.
- **Plano de testes**, contendo as sequencias de testes utilizadas para verificar o funcionamento dos três programas, de acordo com os requisitos. Incluir casos de teste para mostrar se o programa atende situações de entradas de dados inválidas, e também capacidade de memória para alocação dinâmica de dados.
- **Versão preliminar do software para o smartphone implementado e funcionando em C++**. Deve ser entregue uma versão funcional do software a ser executado no smartphone, que poderá ser apenas um tradicional “Hello World!”, sem necessariamente apresentar as funcionalidades esperadas pelo sistema proposto.
- **Essa entrega possui um peso de 20% sobre a nota final do projeto.**

**24/03/2022**

## **Entrega 4 – Documentação, software para smartphone, demonstração**

- **Relatório final** descrevendo os três programas, ou seja, sistema embarcado, computador (notebook/desktop) e smartphone. Incluir uma análise do desempenho da execução dos programas. “Desempenho” não significa apenas velocidade de execução, mas também outros parâmetros como, por exemplo, memória ocupada, consumo de energia, entre outros. Incluir nesse relatório os parâmetros que conseguir medir (ex. dados obtidos após a compilação) e, também, parâmetros obtidos através de uma análise numérica.
- **Código fonte** completo (github) e DOCUMENTADO (com comentários).
- **Versão final do software para o smartphone implementado e funcionando em C++**. Deve ser entregue uma versão funcional do software a ser executado no smartphone, realizando as operações solicitadas na especificação.
- **Demonstração dos programas funcionando** (ex. um vídeo no youtube), e do plano de teste proposto, mostrando que o sistema final atende os requisitos.
- **Essa entrega possui um peso de 20% sobre a nota final do projeto.**

## Contato

Prof. Eduardo Augusto Bezerra, PhD

[eduardo.bezerra@ufsc.br](mailto:eduardo.bezerra@ufsc.br)

<http://gse.ufsc.br/bezerra>

<http://spacelab.ufsc.br>



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA