

# Introdução à sistemas embarcados

Sistemas embarcados  
Prof. Allan Rodrigo Leite

# O que são sistemas embarcados?

- Sistemas embarcados
  - Sistema dedicado e especialista
  - Constituído de hardware, software e periféricos
- Sistemas tradicionais
  - Chamados de sistemas de propósito geral
  - São projetados para uma vasta finalidade de uso

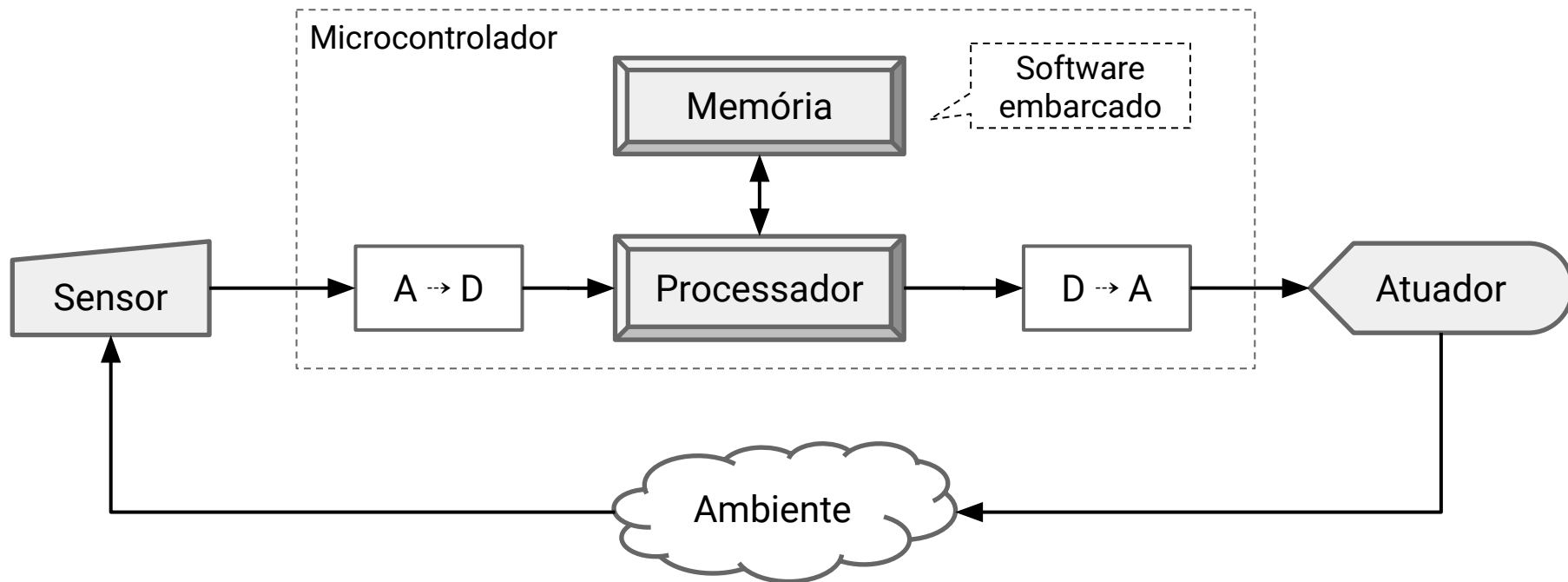
# Sistemas embarcados

- Um sistema embarcado normalmente é composto por
  - Microprocessador
  - Memória
  - Interfaces de comunicação
  - Circuito integrado



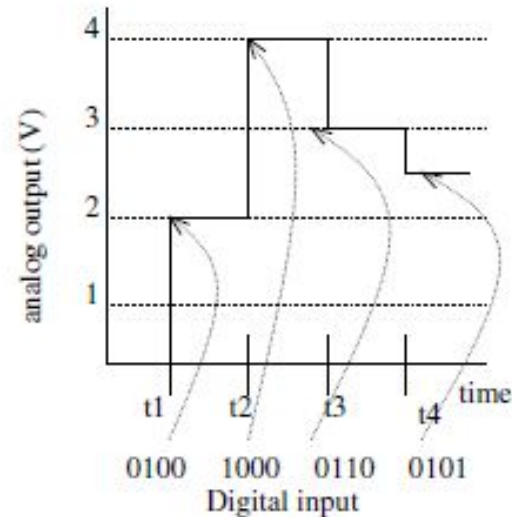
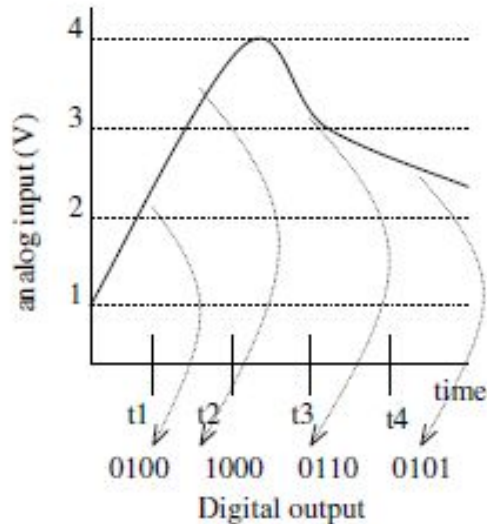
# Sistemas embarcados

- Arquitetura básica de um microcontrolador



# Sistemas embarcados

- Arquitetura básica de um microcontrolador (cont.)
  - Conversão de sinal digital para analógico
  - Técnica conhecida como modulação de largura de pulso (PWM)

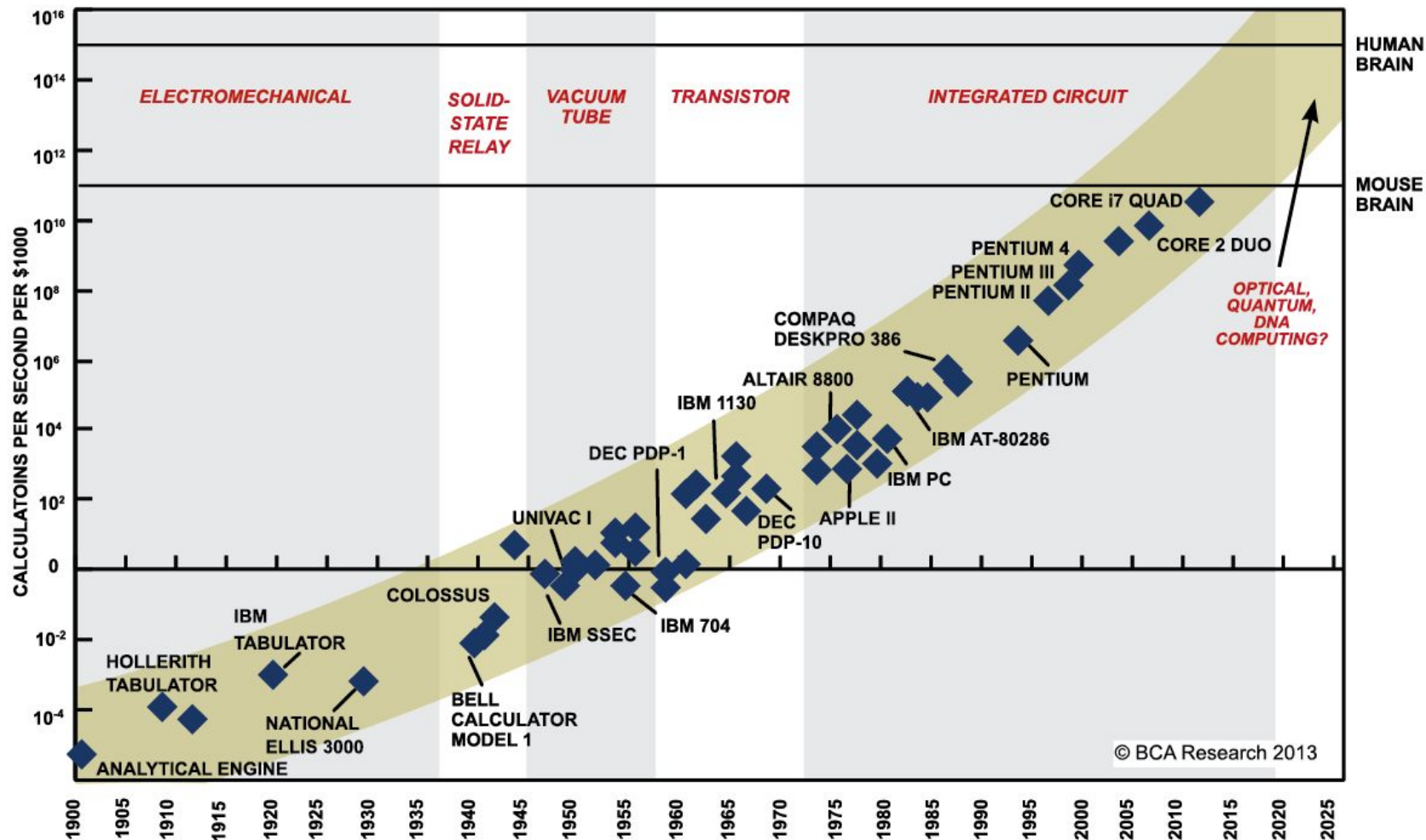


# Sistemas embarcados

- Sistemas atuais seguem a arquitetura System on Chip (SoC)
  - São mais robustos em termos de capacidade física
- Esta arquitetura pode ser estendida para múltiplos processadores
  - Necessidade cada vez maior para processamento em tempo tolerável
- Sistemas MultiPreprocessor System on Chip (MPSoC)
  - Não trata apenas de múltiplos processadores
  - Define que os processadores devem ser otimizados para a aplicação alvo e vice-versa

# Sistemas embarcados

- Desafios recentes de sistemas embarcados
  - Lei de Moore e o poder computacional
    - A cada 18 meses dobra a capacidade de transistores em um único circuito
    - Crescimento acelerado de hardware gera descompasso com software
  - Necessidade de softwares cada vez mais complexos
    - Poucas ferramentas especializadas de apoio
    - Segurança da informação em sistemas embarcados



SOURCE: RAY KURZWEIL, "THE SINGULARITY IS NEAR: WHEN HUMANS TRANSCEND BIOLOGY", P.67, THE VIKING PRESS, 2006. DATAPPOINTS BETWEEN 2000 AND 2012 REPRESENT BCA ESTIMATES.



# Componentes de sistemas embarcados

- Interfaces e periféricos
  - Refere-se à maneira como sistema embarcado interage com o ambiente
    - Seja para capturar percepções ou atuar sobre o ambiente
- Processamento
  - Sistemas embarcados normalmente utilizam microcontroladores
  - Visa redução de custo pelos periféricos estarem integrados
    - Fazem parte do mesmo componente

# Tipos de sistemas embarcados

- Projeto de hardware reconfigurável
  - Adequa-se o hardware existente para as necessidades do software
  - FPGA (*Field Programmable Gate Array*)
- Projeto de hardware específico
  - O hardware é projetado para as características do software
  - ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*)

# Características de sistemas embarcados

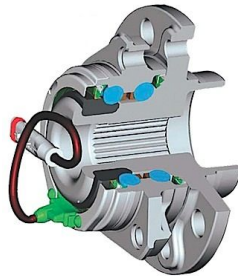
- Disponibilidade e tolerância a falhas
  - Capacidade do software se recuperar de uma falha
    - Após ser percebido algum erro pelo sistema
  - Técnicas de notificação são as mais comuns
- Tempo real
  - Exigência de tempo máximo de execução em uma dada operação
  - Normalmente requer que o software seja projetado para tal

# Características de sistemas embarcados

- Usualmente as aplicações são monoprocesso
  - O comportamento do software é definido por meio de ciclos iterativos
- Cada iteração define uma tarefa específica
  - Determinística
    - Leitura de dados de um sensor
    - Processamento local
  - Não determinística
    - Comunicação (sinal digital/analógico, wifi)
    - E/S de dados (arquivo, serial, USB)

# Sistemas embarcados de tempo real

- Apresentam restrições de tempo quanto à execução das tarefas
- O hardware e o software devem estar adaptados a esta necessidade
  - Além do próprio sistema em questão

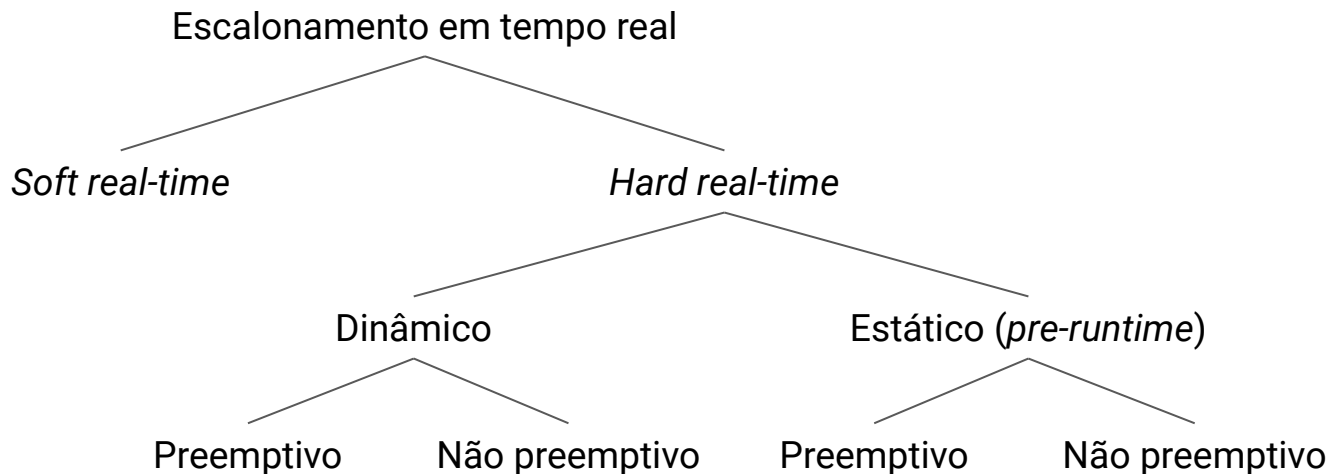


# Sistemas embarcados de tempo real

- Categorias de sistemas de tempo real
  - *Hard real-time*
    - Tempo de resposta pode resultar em uma catástrofe quando não atendido
    - O desempenho em uma situação de pico de carga deve ser previsível
    - A resposta não deve violar prazos predefinidos
    - Permanece sincronizado com o estado do ambiente em todos os casos
  - *Soft real-time*
    - Tempo de resposta são rigorosos, mas não são essenciais para a tarefa
    - A operação degradada em um pico de carga pode ser tolerada
    - Diminui o tempo de resposta em um pico de carga

# Sistemas embarcados de tempo real

- Escalonamento de tarefas em *hard real-time*

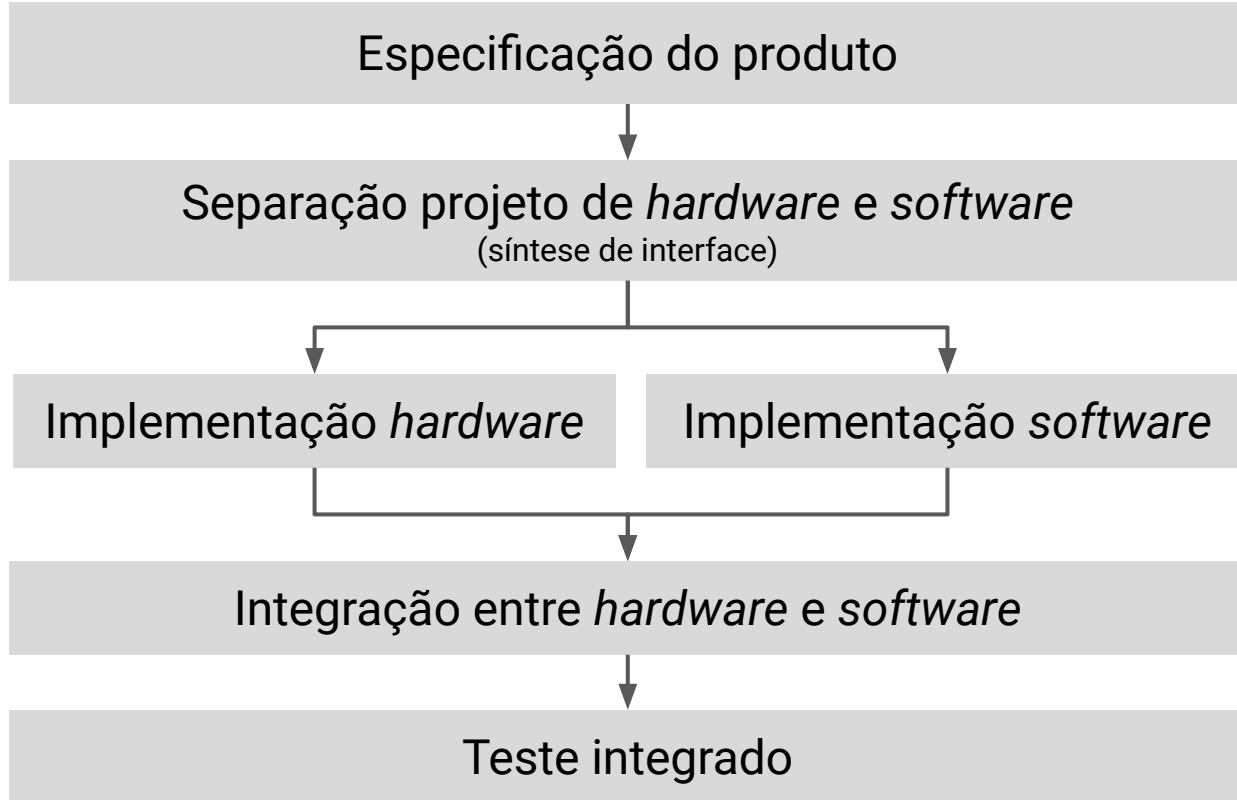


# Sistemas embarcados de tempo real

- Temporizadores e contadores
  - Utilizado para definir o fim de cada ciclo de iteração (tempo real)
    - Número de ciclos (clock)
    - Pulsos sobre os dispositivos de E/S
- *Watchdog* (sistema emergencial)
  - Dispositivo eletrônico ou temporizador que realiza um *reset* quando
    - Identificada alguma condição de erro
    - O temporizador alcançou um limite



# Etapas do processo de desenvolvimento



# Exemplos de sistemas embarcados

- Em um veículo
  - Anti-blocking system (ABS)
  - Central eletrônica
  - Transmissão automática
  - Controle de tração
  - Computador de bordo
  - Aparelhos de som
  - Demais sensores e dispositivos

# Exemplos de sistemas embarcados

- Em uma cozinha
  - Refrigerador
  - Micro-ondas
  - Forno elétrico
  - Lava louças
- Em uma sala de estar
  - Televisão
  - Receptores de TV a cabo
  - Controles remotos
  - Vídeo games
  - Condicionador de ar

# Exemplos de sistemas embarcados

- Automação residencial
  - Também conhecida por domótica
  - Precursor do IoT (*Internet of Things*)
  - Tem por objetivo oferecer
    - Segurança
    - Conforto
    - Economia de energia
    - Comunicação

Residência gerenciada por um conjunto de sistemas dispostos de forma descentralizada



# Um pouco mais sobre IoT

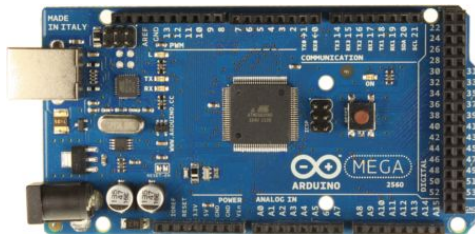
- Dispositivo utilizado para coletar e compartilhar informações
  - A comunicação pode ser realizada em redes públicas ou privadas
- Utiliza técnicas de M2M (Machine to Machine communication)
  - Fornece um meio de comunicação entre sistemas
- Suporte a diferentes protocolos de comunicação
  - Rádio frequência (Bluetooth, ZigBee, RFID)
  - Suporte a protocolos TCP/UDP e suas especializações (HTTP, por exemplo)
  - Comunicação direta entre microcontroladores
- Restrito quanto a capacidade de processamento e autonomia

# Um pouco mais sobre IoT

- Ambientes de desenvolvimento para IoT
  - PlatformIO
    - Suporte a várias arquiteturas e plataformas embarcadas
    - Arduino, ARM, CMSIS, Raspberri, WiringPI e Simba RTOS
    - Baseada em *command line interface* (CLI)
  - IoT Eclipse
    - Plug-ins no Eclipse para sistemas embarcados
    - Voltados para M2M e protocolos de comunicação

# Um pouco mais sobre IoT

- Plataformas para IoT
  - Arduino
    - Plataforma aberta
    - Fornece um conjunto de interfaces bem definido
    - Acesso aos componentes conectados ao circuito integrado
    - Dispõe de GPIO (*General Purpose Input/Output*)
    - Utiliza como base linguagem de programação C



# Um pouco mais sobre IoT

- Plataformas para IoT (cont.)
  - Raspberry PI
    - Mini computador em uma única placa integrada
    - Além dos tradicionais dispositivos de E/S, conta também com pinos GPIO
    - QEMU para emulação do Raspberry PI





# Um pouco mais sobre IoT

- Plataformas para IoT (cont.)
  - ESP8266
    - Microcontrolador de baixo custo com conectividade Wifi (IEEE 802.11)
    - Também dispõe de pinos GPIO



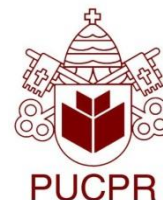
# Evolução dos sistemas embarcados

- Sistemas embarcados estão evoluindo para
  - Interface para entrada de dados de sistemas legado
    - Capturam informações sobre o ambiente
    - Repassam as informações para outros sistemas realizar o processamento
- Sistemas tradicionais estão evoluindo para
  - Arquitetura orientada a serviços
    - SOA, *Remote Objects*, Microsserviços, etc.
  - Tratam sobre o que fazem com os dados coletados
    - Como interpretá-los, processá-los e quais ações serão tomadas

**O desafio consiste em unir estas abordagens**

# Exemplo de sistemas embarcados

- CAT – Condução Automática de Trens
  - Treinamento simulado de maquinistas
  - Auxiliar maquinistas em tomadas de decisão durante uma viagem
- Funcionamento de um trem de carga
  - Rodas e trilhos são feitos de material metálico
    - Reduz a resistência de atrito
  - Cada locomotiva possui motor a combustão que gera energia aos motores elétricos de tração
    - Produz esforço trator e potência contínuos



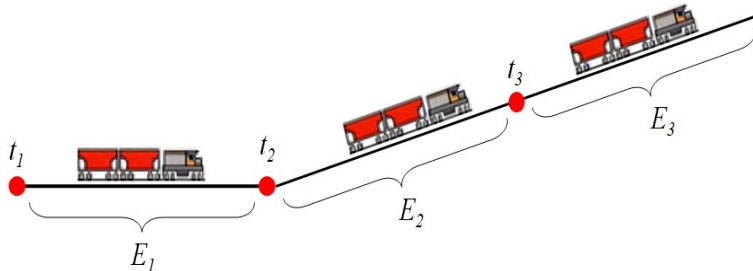
# Exemplo de sistemas embarcados

- Funcionamento de um trem de carga (cont.)
  - Consumo x potência para uma locomotiva típica (C30)

Ponto de aceleração	Potência (HP)	Consumo (l/min)
Marcha lenta	0	0,3168
Freio dinâmico	0	1,767
1	100	0,567
2	275	1,0668
3	575	1,95
4	960	3,033
5	1440	4,533
6	1930	6,183
7	2500	7,6998
8	2940	9,4002

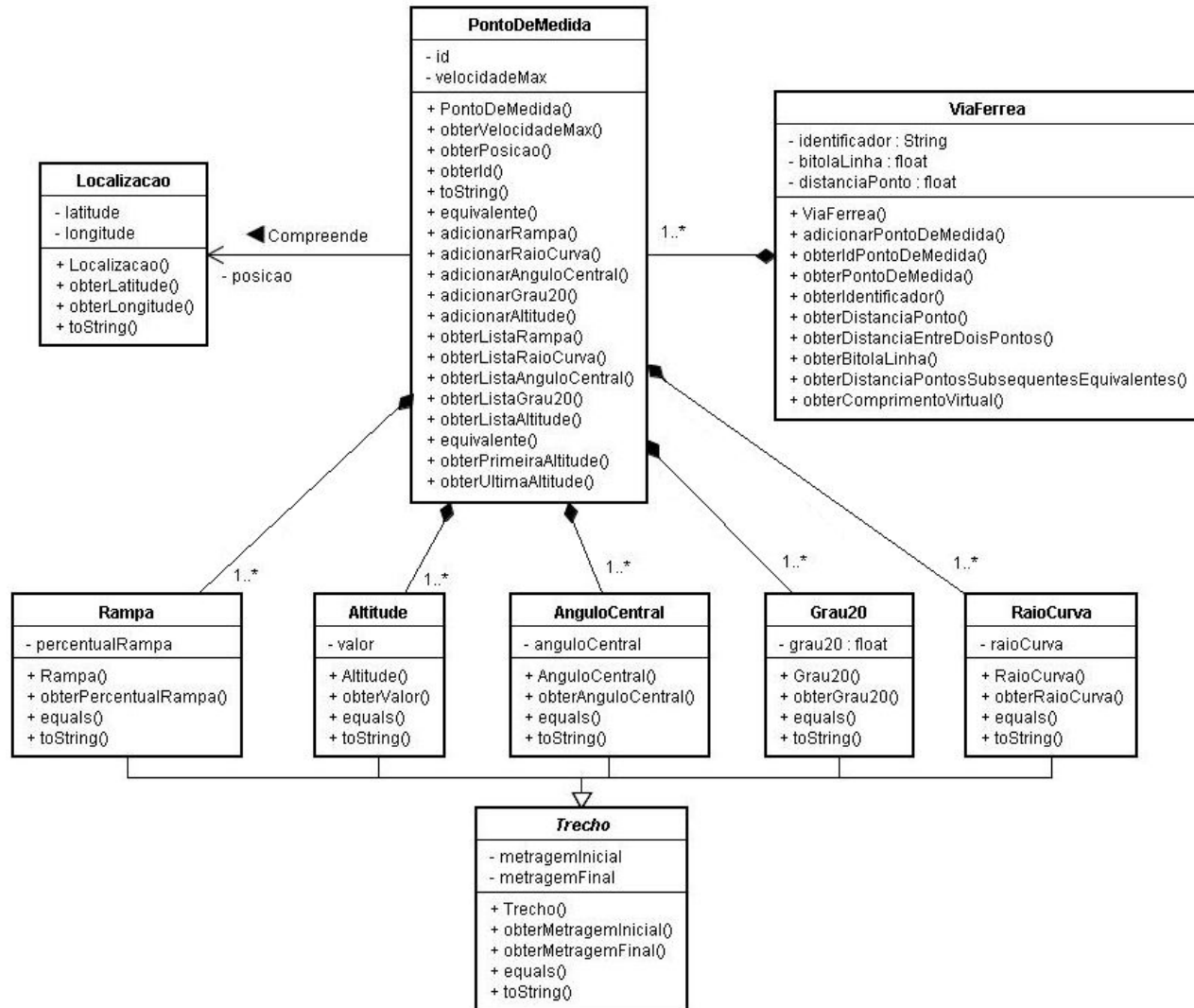
# Exemplo de sistemas embarcados

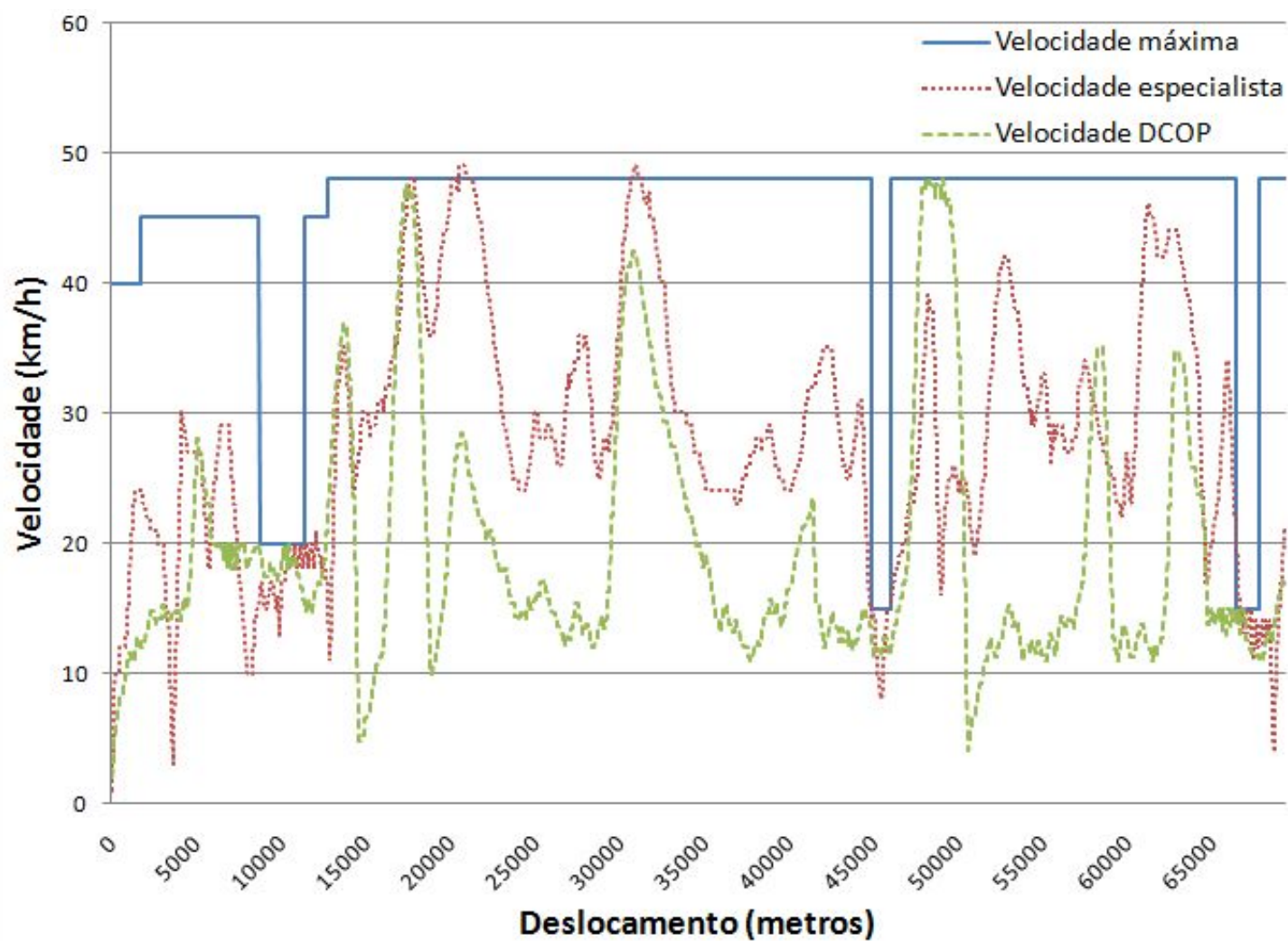
- Como auxiliar o maquinista na tomada de decisão?
  - Sugerir o ponto de aceleração mais indicado para uma dado momento
  - Requer conhecer a geografia da ferrovia
- Estratégia adotada
  - Sensores do trem indicam a posição na via férrea
  - Computador planeja a melhor ação com base na posição atual
    - Requer um planejamento das ações para evitar ótimo local



# Exemplo de sistemas embarcados

- Alguns dos desafios
  - Simulação da dinâmica do movimento
  - Planejamento das ações
  - Restrição computacional de hardware
- Especificação
  - Representação da geografia da ferrovia
  - Representação da composição férrea
  - Comportamento da dinâmica do movimento
  - Planejamento das ações futuras







# Introdução à sistemas embarcados

Sistemas embarcados  
Prof. Allan Rodrigo Leite