



# Aula 1

## Engenharia de Sistemas Embarcados

Prof. Abel Guilhermino

Tópico: Introdução a Engenharia de Sistemas Embarcados



# Engenharia de Sistemas Embarcados

- Professor
  - Abel Guilhermino
- e-mail x página
  - [agsf@cin.ufpe.br](mailto:agsf@cin.ufpe.br)
  - [www.cin.ufpe.br/~agsf](http://www.cin.ufpe.br/~agsf)
- Horário
  - Segunda : 2<sup>a</sup> (13-15hs) e
  - Quarta: 4<sup>a</sup> (17-19hs).

# Avaliação

- Avaliação
  - Prova + Seminários 50%
  - Projeto 50%

# Características do Projeto

- Uso do Processador ARM
- Focar em problema:
  - Gerenciamento de Energia ou
  - Processamento de Imagem ou
  - Alto Desempenho ou
  - Teste

# Critérios do Projeto

- Uso de uma plataforma Processador
- Plano de projeto
- Apresentação
- Avaliação do projeto
- Relatório (formato de artigo)

# Critérios do Projeto

- Demonstrações parciais do projeto
  - Toda a equipe
  - Equipe deve definir com antecedência o que será mostrado
  - Será comparado o demonstrado com o que foi planejado

## Material de Leitura

- **Livros**

- **Embedded System Design: A Unified Hardware/Software Introduction**  
[Frank Vahid](#) and [Tony Givargis](#)  
John Wiley & Sons; ISBN: 0471386782. Copyright (c) 2002. [Book site at Wiley](#)

- **Websites**

- [www.embedded.com](http://www.embedded.com), [www.eet.com](http://www.eet.com)

# Sistemas Embarcados

- Sistemas embarcados =
  - Sistemas de processamento de informações embarcados em um produto maior
    - Peter Marwedel
- Dois tipos de computação
  - Desktop - produção milhões/ano
  - Embarcado - bilhões/ano
- Sistemas não embarcados
  - PCs, servidores, e notebooks
- O futuro da computação!
  - Automóveis, TV digital, entretenimento, comunicação, aviação, dispositivos, equipamentos médicos e militares.

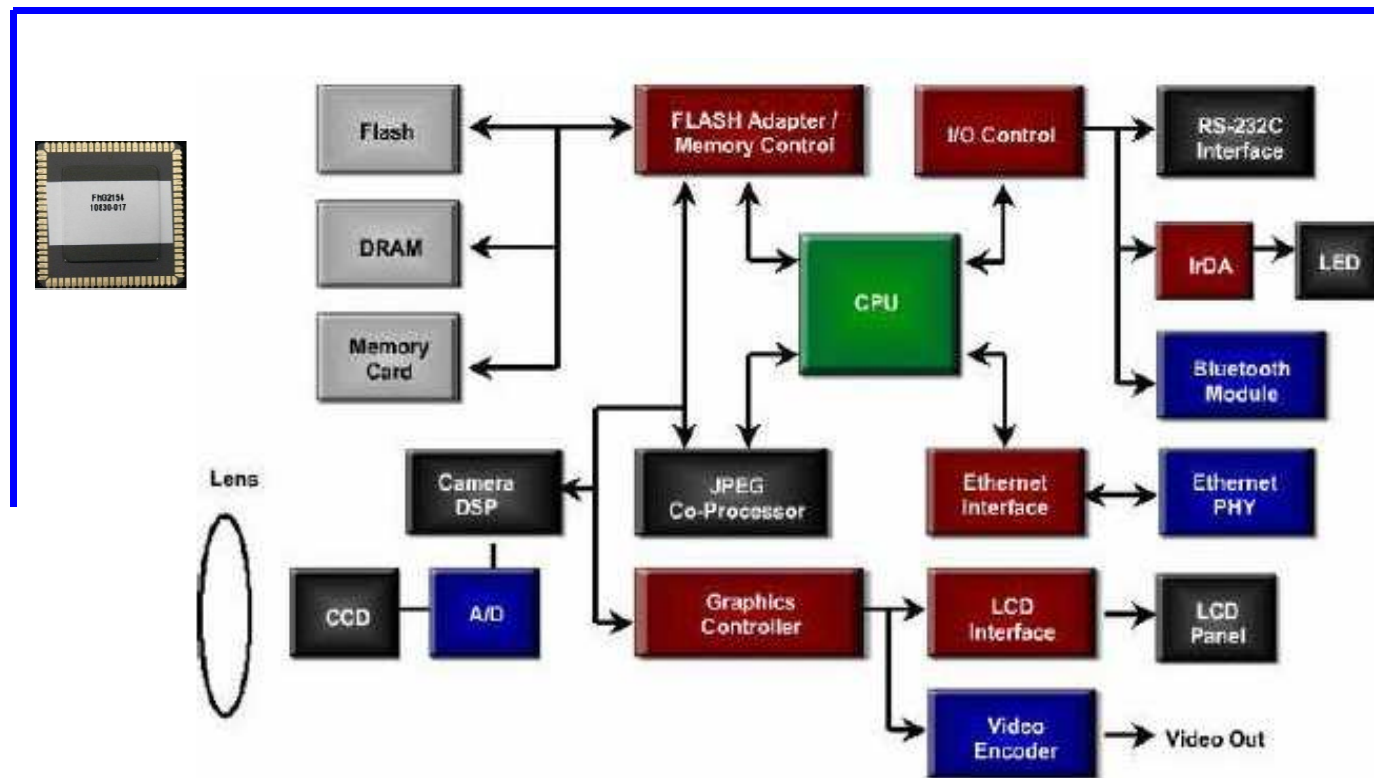




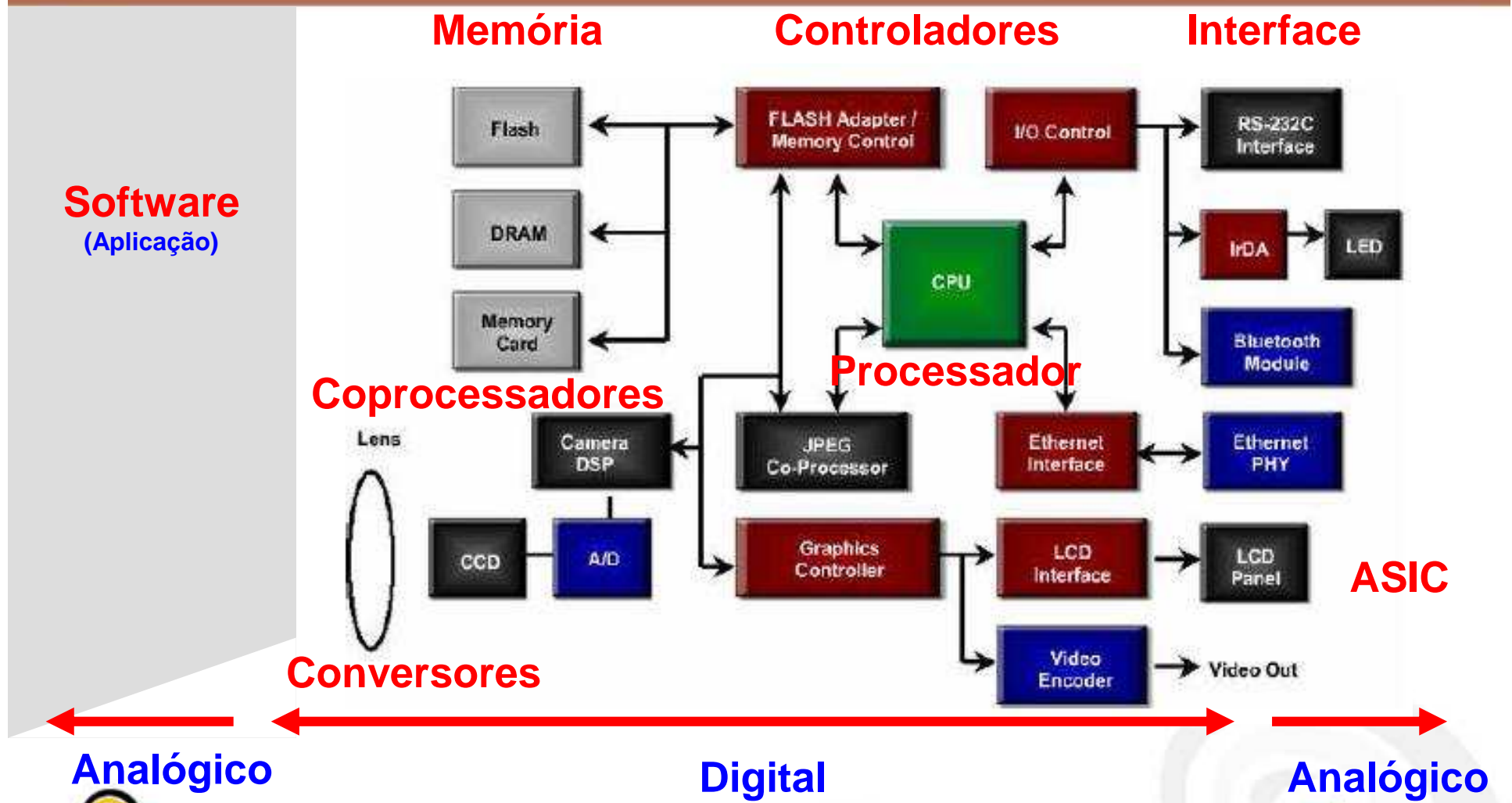
# Um Exemplo de Sistema Embarcado



## Diagrama em Bloco de uma Câmera Digital



# Componentes de um Sistema Embarcado



# Componentes de um Sistema Embarcado

- Componentes Analógicos
  - Sensores, atuadores, ...
- Componentes Digitais
  - Processadores, coprocessadores, memórias, barramentos
  - Controladores, *hardware* de aplicação específica
  - Controllers, Application Specific Hardwares
- Conversores
  - Conversor Analógico-Digital (ADC), DAC ...
- Software
  - Sistema Operacional
  - Middleware
  - Aplicações (MPEG-x, GSM-kernel, ...)

## Exemplo: BMW 745i

- 2, 000, 000 LOC
- SO Windows CE
- 53 8-bit  $\mu$ P
- 11 32-bit  $\mu$ P
- 7 16-bit  $\mu$ P
- Múltiplas redes



# Características dos Sistemas Embarcados

- Aplicação Específica
  - Aplicações são conhecidas a priori
  - Otimização para custo, área, potência, e desempenho
- Processamento Digital de Sinais
  - Sinais são representados digitalmente
- Sistemas Reativos
  - Reage a mudanças no ambiente do sistema
- Tempo Real
  - Tarefas devem ser computadas antes de um *deadline*
- Distribuído, em Rede, ...

# Características dos Sistemas Embarcados

- **Confiabilidade**
  - Probabilidade do sistema funcionar corretamente dado que o mesmo estava funcionando em  $t = 0$
- **Manutenabilidade**
  - Probabilidade do sistema funcionar corretamente  $d$  unidades de tempo após a ocorrência de um erro.
- **Segurança (*Safety*)**
  - Não oferece perigo ao usuário
- **Segurança (*Security*)**
  - Comunicação confidencial e autêntica

# Desafio de Projeto: otimização das métricas de projeto

- Objetivo óbvio do projeto:
  - Construir uma implementação com a funcionalidade desejada
- Desafios chave do projeto:
  - Otimizar simultaneamente várias métricas do projeto
- Métrica de projeto
  - Uma característica mensurável da implementação do sistema embarcado

# Desafio de Projeto: otimização das métricas de projeto

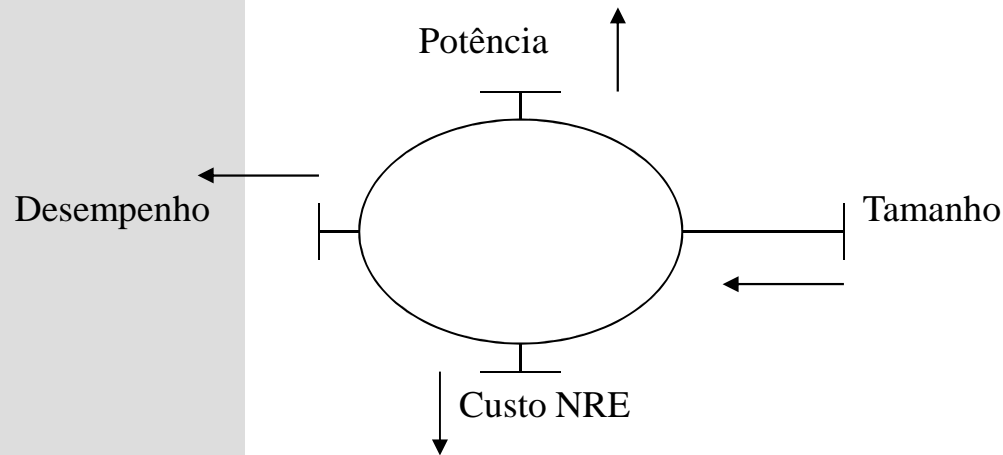
- Métricas comuns
  - Custo unitário: custo monetário para a manufatura de cada cópia do sistema, excluindo custo NRE
  - Custo NRE (*Non-Recurring Engineering*): custo monetário de projeto do sistema
  - Tamanho: espaço físico necessário para o sistema
  - Desempenho: tempo de execução ou *throughput* do sistema
  - Potência: quantidade de potência consumida pelo sistema
  - Flexibilidade: a habilidade de se alterar a funcionalidade do sistema sem acarretar em custos NRE pesados



# Desafio de Projeto: otimização das métricas de projeto

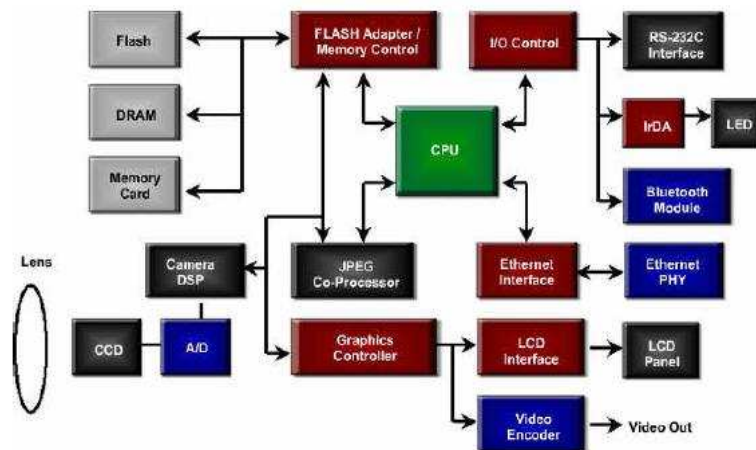
- Métricas Comuns (continuação)
  - Tempo de prototipação: tempo necessário para a construção de uma versão funcional do sistema
  - *Time-to-market*: tempo necessário para se desenvolver o sistema ao ponto que possa ser vendido aos consumidores
  - Manutenibilidade: habilidade de se modificar o sistema após seu lançamento inicial
  - Corretude, seguranças, etc...

# Competição entre Métricas: melhoramento de uma pode piorar outras



- Expertise tanto em software quanto hardware é necessária para se otimizar métricas de projeto

- Não apenas a especialista em hardware ou software, como é comum
- Um projetista deve estar confortável com várias tecnologias para que possa escolher a melhor uma dada aplicação e restrições.



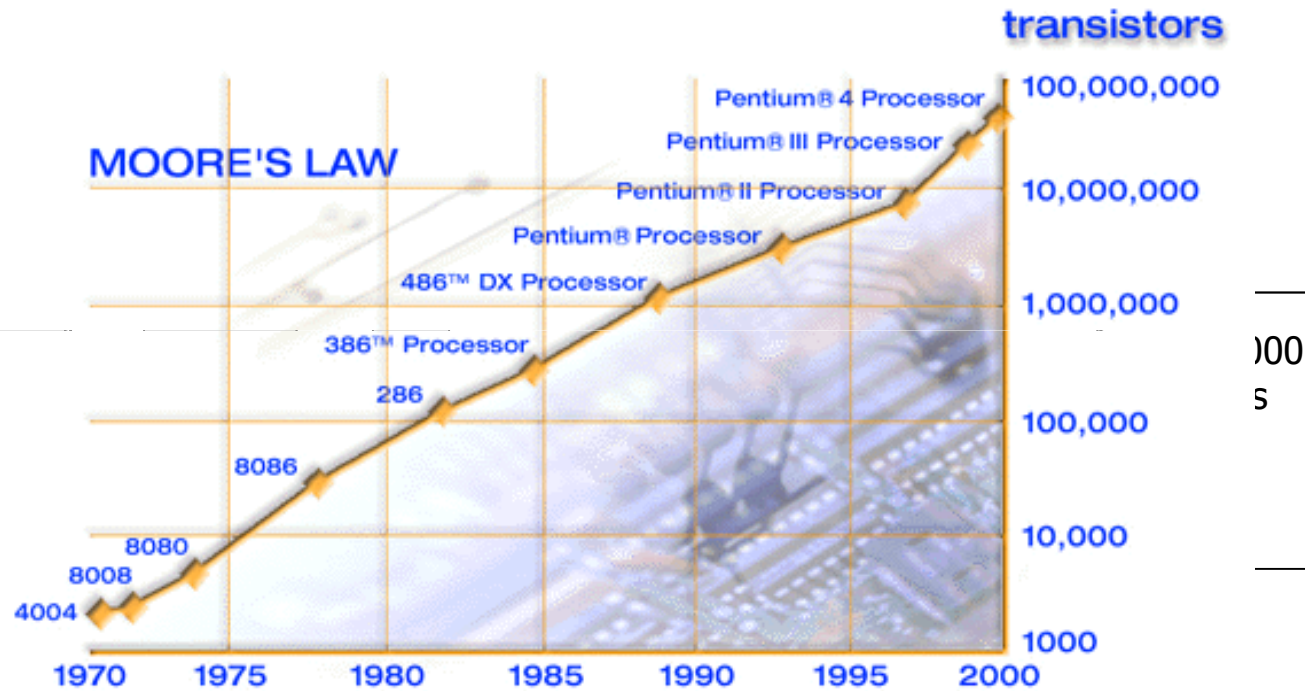
## Desafios de Projeto Tradicionais

- Baixo custo
- *Light weight*
- Confiabilidade
- Baixo consumo
- Portável
- Complexidade do projeto
- Facilidade de uso
- Requisitos mistos digital/analógico
- Time-to-market reduzido
- Tempo de vida curto
- Processamento em tempo real
- Concorrência inerente
- *HW/SW co-design*

# Desafios Recentes

- Complexidade do projeto
- Ultra low power
  - Altamente adaptativo
  - Gerenciamento ativo de potência (voltage scaling, MSV, etc.)
  - Fontes de energia alternativa (energia limpa, solar, etc.)
- *Internet aware*
  - Incorporação de tecnologias RF
  - Capacidade de operação em Rede
    - Sistemas Operacionais maiores, middleware, etc.
    - Entendimento de vários protocolos em constante mudança
- Verificação
- Segurança

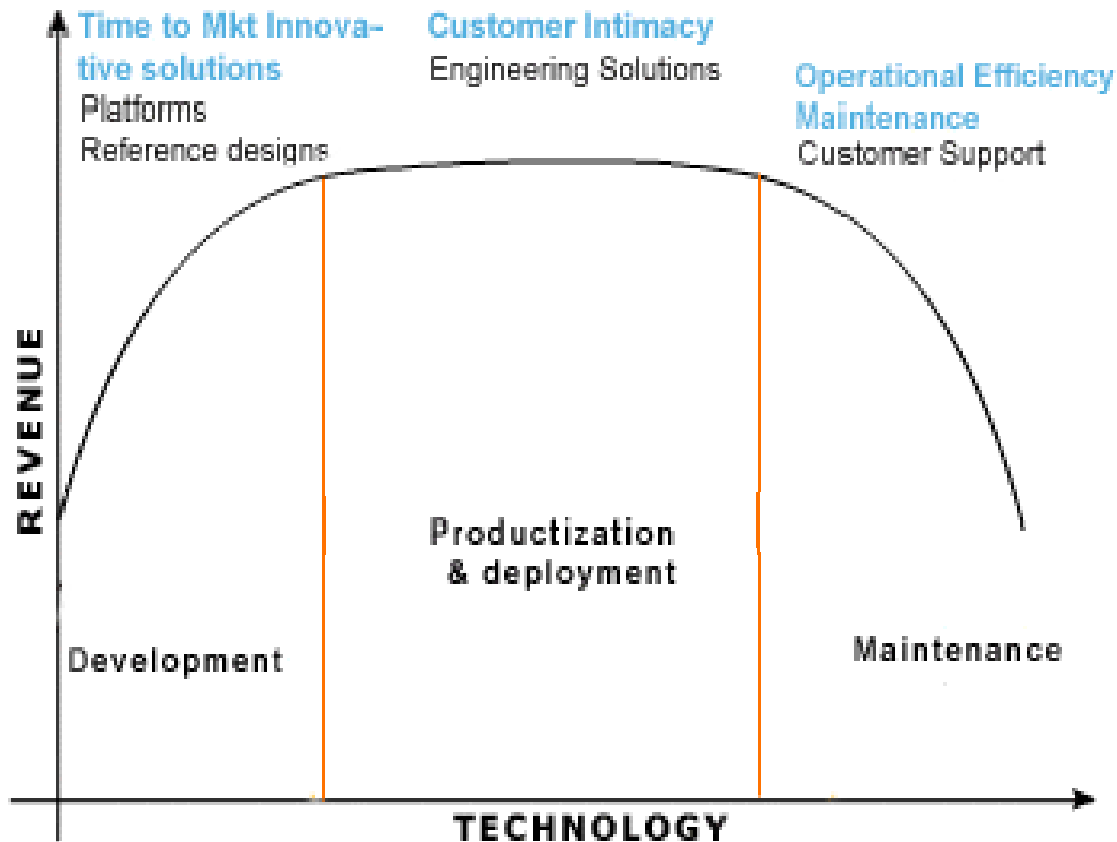
# Complexidade de Projeto



**Crescimento Exponencial** – o dobro de transistores a cada dois anos

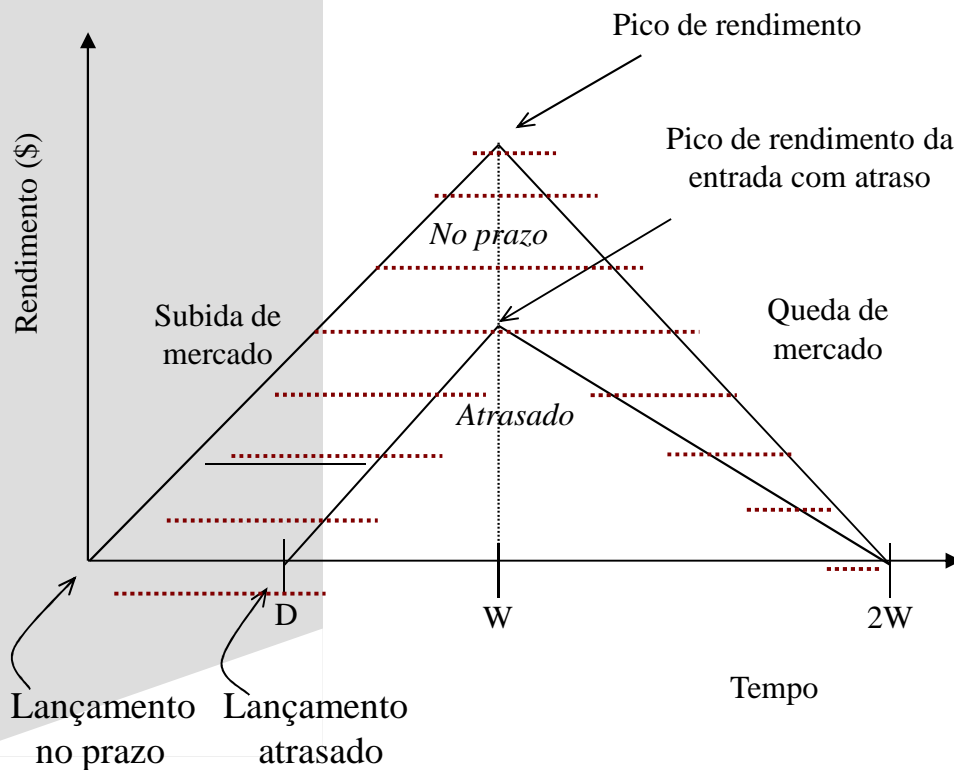
**Dois fatores: Tecnologia e Demanda**

# Time-to-Market



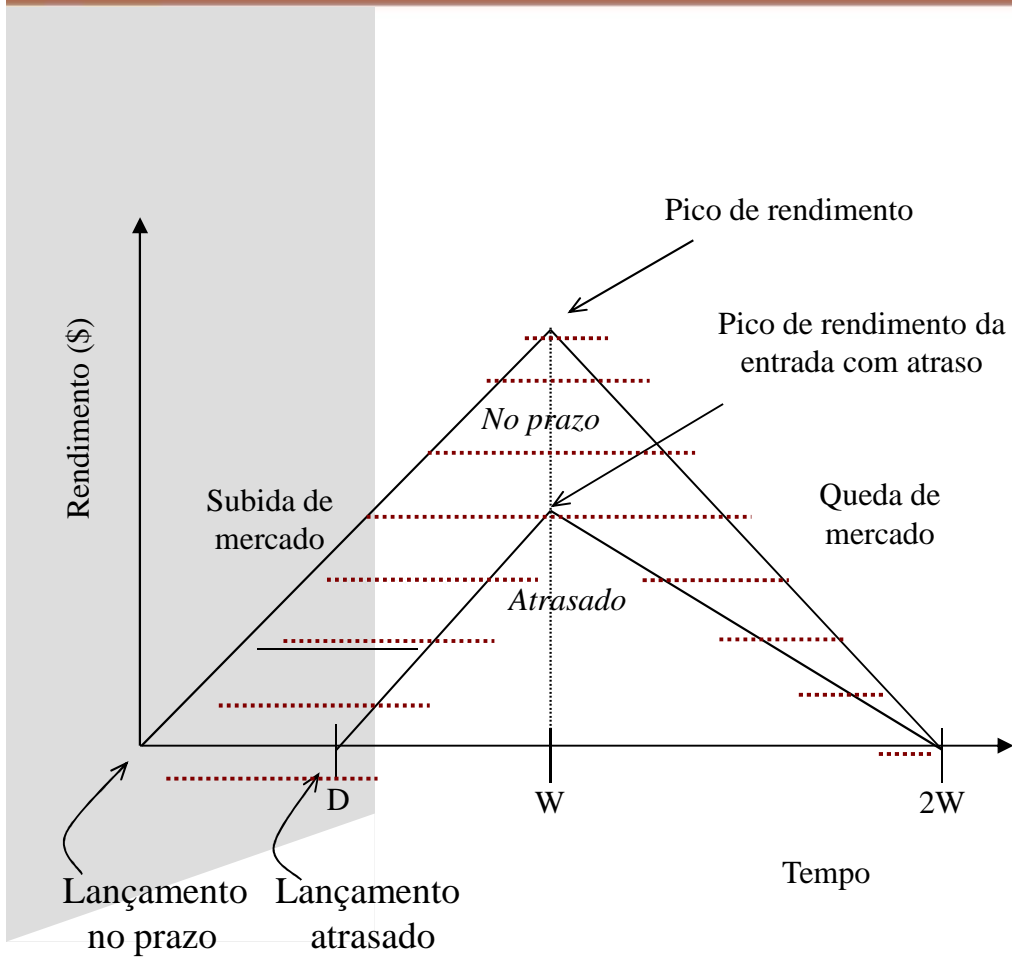
- Tempo necessário para se desenvolver um produto ao ponto que ele pode ser vendido para os clientes
- Janela de mercado
  - Período durante o qual o produto teria as maiores vendas
- Restrição de time-to-market é de aproximadamente 8 meses
- Atrasos podem ter um custo alto

# Perdas devido a Lançamento com Atrasos



- Modelo de rendimento simplificado
  - Vida do produto =  $2W$ , pico em  $W$
  - Tempo de lançamento define um triângulo, representando a penetração de mercado
  - Área do triângulo é igual ao rendimento
- Perda
  - A diferença entre as áreas dos triângulos de lançamento no prazo e com atraso (área achuriada)

# Entrada com Atraso no Mercado (cont.)



- $Area = 1/2 * base * altura$ 
  - No prazo =  $1/2 * 2W * W$
  - Atrasado =  $1/2 * (W-D+W)*(W-D)$
- Porcentagem de perda de rendimento =  $(D(3W-D)/2W^2)*100\%$
- Tente alguns exemplos
  1. Tempo de vida  $2W=52$  semanas, atraso  $D=4$  semanas Perda =  $(4*(3*26 - 4)/2*26^2) = 22\%$
  2. Tempo de vida  $2W=52$  semanas, atraso  $D=10$  semanas Perda =  $(10*(3*26 - 10)/2*26^2) = 50\%$

● **Atrasos custam caro!**



## Exercício

- Calcular a perda na nota por atraso na entrega do projeto de acordo com os seguintes dados
  - $W = 5$  dias
  - Atraso para 1 dia:
  - Atraso para 2 dias:
  - Atraso para 3 dias:
  - Atraso para 4 dias:
  - Atraso para 5 dias:

- **Custo Unitário**
  - O custo monetário de manufatura de cada cópia do sistema, excluindo o custo NRE
- **Custo NRE (Non-Recurring Engineering cost)**
  - Custo monetário para o projeto do sistema. Realizado uma única vez
- **Custo Total**
  - $\text{Custo NRE} + \text{custo unitário} * \# \text{ de unidades}$
- **Custo por produto**
  - $\text{Custo total} / \# \text{ de unidades} = (\text{custo NRE} / \# \text{ de unidades}) + \text{custo unitário}$

# Custo

- Exemplo
  - NRE=\$2000, unitário=\$100
  - Para 10 unidades
    - Custo total =  $\$2000 + 10 * \$100 = \$3000$
    - Custo por produto =  $\underbrace{\$2000/10} + \$100 = \$300$

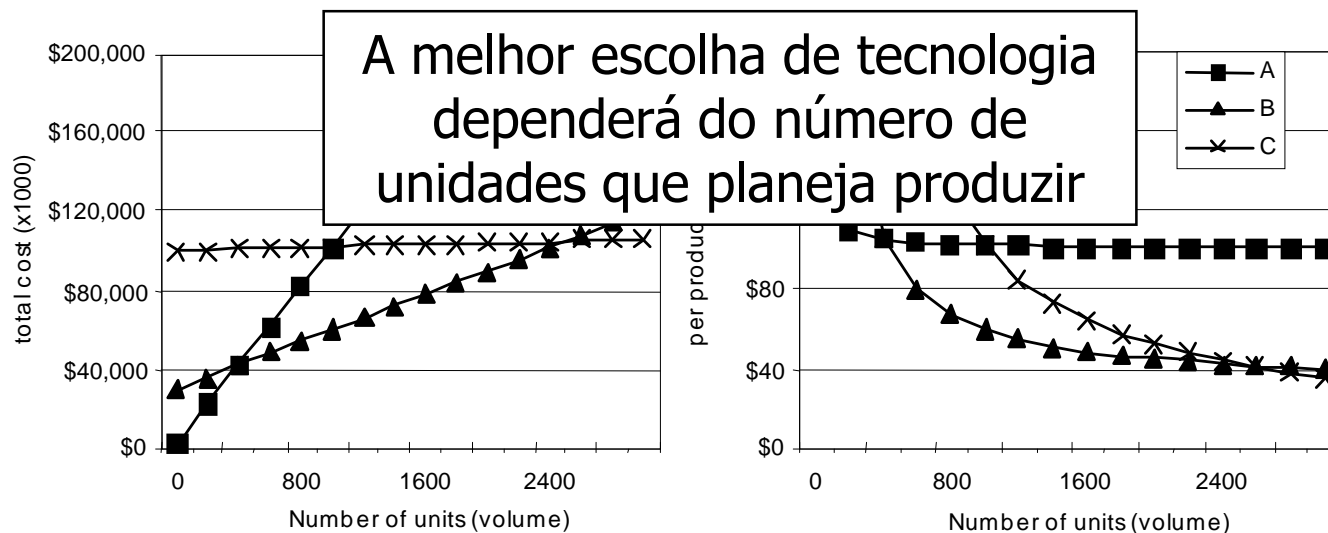
*Amortização do custo NRE nas unidades resulta em um adicional de \$200 por unidade*

# Custo

- Comparando diferentes tecnologias

- Tecnologia A: NRE=\$2,000, unidade=\$100
- Tecnologia B: NRE=\$30,000, unidade = \$30
- Tecnologia C: NRE=\$100,000, unidade = \$2

Supor 3 tecnologias disponíveis para uso em um produto particular !



- Mas, deve também considerar o time-to-market