

APOSTILA  
do Prof. Eduardo

Projeto de Máquinas

# Introdução ao projeto de máquinas

Prof. Eduardo Furlan  
2023



# Projeto de máquinas

# O projeto de máquinas leva em conta

3

- Cálculos estruturais
- Dinâmica
- Estática
- Propriedades dos materiais
- Cálculos de esforços
- Planejamento
- Investimento
- ...

# 10 etapas do projeto de máquina

1. Identificação da necessidade
2. Busca de informações
3. Definição dos objetivos
4. Especificação das tarefas
5. Síntese (ex.: *brainstorming*)
6. Análise (melhores alternativas)
7. Seleção (vencedora)
8. Detalhamento do projeto
9. Prototipagem
10. Produção

# Projeto (1)

- As fases não têm um caminho único e fácil para a solução final
- Cada fase depende de informações que nem sempre estão disponíveis
  - Sujeitas a erros e incertezas
  - Experimentação
  - Voltar passos
- Aprender com erros
- Aperfeiçoar

# Projeto (2)

- Planejamento baseado em metodologia
- Antecipar e minimizar falhas, erros, custos
  - Projeto
  - Operação
- Pesquisa
- Gestão de mudanças
- O sistema deve ser capacitado para absorver falhas sem gerar consequências graves



# Cronograma e confiabilidade

# Cronograma (e confiabilidade)

- Depende dos conhecimentos sobre os assuntos que serão abordados no decorrer do projeto
- “não se faz nas horas vagas”
- As iterações alteram os cronogramas
- O cronograma é “vivo”
- Datas devem ser respeitadas sob pena de inviabilizar o projeto
- Deve ser o mais detalhado possível
  - Com informações de todos os envolvidos
- Constantemente atualizado
  - Por todos os envolvidos



# Exemplo



- Carga de 400 kg
- Planejar as fases
- Cronograma
- Quais tarefas estão envolvidas para a conclusão desse projeto de máquina?
- Como organizá-las e sequenciá-las?

# Conceito de projeto

# Conceito de projeto de máquinas

- Criação de uma máquina
  - Que funcione bem
  - Com segurança
  - Com confiabilidade

# Essência do projeto de máquinas (1) <sup>12</sup>

- Peças inter-relacionadas
- Básico para a função de uma máquina
  - A noção de trabalho útil (externo)
- Transferência de energia envolvida
- Ao converter uma forma de energia em outra, as máquinas criam movimento e desenvolvem forças
  - Usa-se isso para determinar, para cada peça
    - As dimensões
    - As formas
    - Os materiais

# Essência do projeto de máquinas (2) <sup>13</sup>

- Objetivo de um projeto de máquinas
  - Determinar as dimensões
  - Ser capaz de dar a forma adequada às peças que comporão o conjunto
- Selecionar
  - Materiais
  - Processos de fabricação que devem ser utilizados
- A função esperada da máquina deve ser executada sem falhas

Falhas

# Falhas

- O engenheiro deve
  - Saber executar cálculos
  - Antever o modo e as premissas de falha de cada elemento
  - Definir o projeto de forma a evitar a falha
- Exemplo
  - Análise de tensão e deflexão para cada elemento da máquina



# O projeto

- Todo projeto surge de uma necessidade
- Alguém precisou de algo e conseguiu esclarecer o que era
- Existe o desenvolvimento do projeto
- Alterações em um projeto dependem da fase atual
  - Gestão de mudanças
  - Tem prazo e custo
    - Necessário ser determinado e aprovado
  - Pode inviabilizar
    - Análise de risco
      - Seguro

# Primeira fase (1)

- Preliminar
- Síntese
- Avaliação
  - Desempenho mais admissíveis
  - Experiência dos membros da equipe
    - Formalmente
- Comparação das máquinas recomendadas

# Primeira fase (2)

- Conceitos de sistemas
- Criar componentes ou elementos da máquina ou sistema
- Averiguação do comportamento total do sistema
- Concepção de um conceito
  - A ser projetado com profundidade
  - Atender a todas as especificações, desempenho, custo, etc.

# Projeto intermediário (1)

- Projeto intermediário
  - Estudo em profundidade do projeto
  - Componentes na forma individual
  - Subsistemas que comporão a máquina ou sistema
- Funcionamento igual ou melhor, que na 1ª fase
- Definição
  - Material
  - Geometria
  - Montagem dos componentes

# Projeto intermediário (2)

- Fatores relacionados à
  - Performance
  - Segurança
  - Montagem
  - Fabricação
  - Manutenção
  - Inspeção
  - Custo
- Definição das principais especificações

# Fase de detalhamento (1)

- Composição e estruturação
- Disposição dos componentes
- Qual será a forma
- Definição de ajuste dimensional entre as peças
- Ajustes e tolerâncias
- Padronizações

# Fase de detalhamento (2)

- Definição dos processos de fabricação e montagem
- Segurança
- Definição e listagem de material e das peças a serem
  - Compradas
  - Produzidas
- Conjunto composto por todos os desenhos e especificações



# Metodologia de projetos

# Metodologia de projetos

- Auxilia na organização e estruturação da resolução do problema a ser tratado
- Ao finalizar uma etapa, antes de passar para a próxima
  - Conferir se todas as tarefas foram concluídas com sucesso
- 10 etapas de um projeto segundo a metodologia de projeto apresentada por Norton (2013)

# Etapa 1: a necessidade (1)

- Pessoal
- De um grupo
- Da empresa
- Identificação de um nicho de mercado
- ...

# Etapa 1: a necessidade (2)

- Geralmente começa com uma ideia mal explicada
- Sem grandes justificativas
- Aparentemente viável
- Nem todas as ideias rendem bons projetos
- Importante fazer avaliações
  - Exemplo: pesquisas de mercado

# Etapa 2: busca de informações (1)

- Com base na ideia já definida
- Dispositivo já existe
  - Buscar especificações nos manuais, internet, etc.
  - Fotos, vídeos, documentos
  - Compreender a máquina
  - Se possível, obter a máquina e desmontar
  - Engenharia reversa
  - Descobrir como ela foi projetada e fabricada

## Etapa 2: busca de informações (2)

- O dispositivo não existe
  - Maior trabalho se tiver que desenvolver do zero
  - Procurar máquinas parecidas (várias)
  - Funcionem pelo mesmo princípio
  - Entendê-las, buscar o máximo de informação possível
  - Tentar aplicar no novo dispositivo

# Etapa 3: definição dos objetivos

- Definir claramente o que se deseja projetar
- Ex.: dispositivo para abertura e fechamento de portão
  - Como funcionará
    - Com pinhão
    - Com cremalheira (ex.: portão deslizante)
  - Ou por rotação do portão
  - Abrir ou fechar o portão em 5 segundos
  - Poder parar no meio do trajeto
  - Poder reverter o movimento imediatamente
- Custos, limitações
  - Formalmente (por escrito, e aprovado)



# Etapa 4: especificação das tarefas

- Cada tarefa deve ser definida com o máximo possível de detalhes
- O desenvolvedor da tarefa precisa saber com detalhes o que deve fazer
- Imaginando o produto final pronto, vá dividindo-o em partes ou peças
  - Dimensionar o pinhão | dimensionar a cremalheira | selecionar o motor mais adequado | definir a fixação do motor | definir a caixa para conter o pinhão | etc.
- Nesta etapa não há ainda execução das tarefas

# Etapa 5: síntese

- Buscar alternativas de projeto (sem análise detalhada)
- Sem barreiras para a imaginação, incluindo custo
- Uma alternativa exótica pode trazer detalhes que interessem na concepção final
- Técnicas para encontrar alternativas, ou melhorá-las
  - Processo criativo
    - Brainstorming
    - Brainwriting
    - Outras

## Etapa 6: análise

- Análise detalhada
- Eliminar as que não atendem os requisitos mínimos
- Aceitar as que possuem potencial
- Modificar as que podem gerar potencial
- Opções viáveis, sob um ponto de vista mais genérico
- Registrar de forma organizada toda e qualquer alternativa
- Opções descartadas podem eventualmente serem úteis

# Eliminar uma opção

- Investigar se as tecnologias envolvidas
  - Conhecidas pela equipe ou usadas na empresa
  - Podem ser adquiridas; custo e prazo
- Disponibilidade e custo de material
- Processos de fabricação novos ou existentes
- Fabricar ou comprar
  - Disponibilidade de fornecedores
    - Fornecedores cadastrados

# Etapa 7: seleção

- Como selecionar a melhor opção
- Iniciar refinando a etapa 6
  - Qual processo a empresa domina mais
  - De menor custo
  - De maior qualidade
- Materiais mais fáceis de encontrar e trabalhar
- Melhor relação custo/benefício

# Matriz de decisão

notas

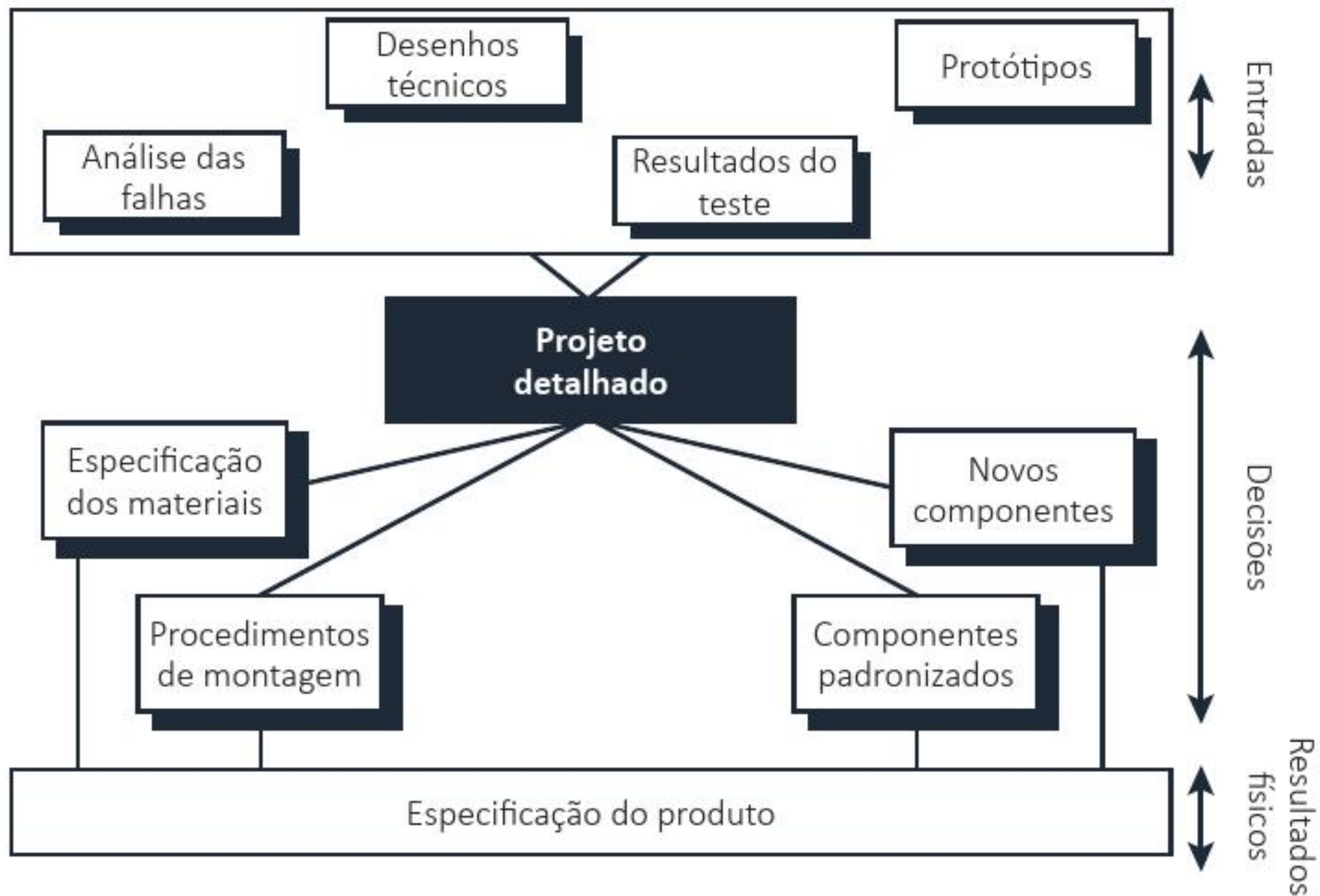
Fator	Peso	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4
Custo de fabricação	5	3	3	5	2
Adequação dos materiais	3	2	5	2	4
Conhecimento dos processos de fabricação	2	5	3	1	3
Custo de manutenção	4	3	4	3	2
<b>Média ponderada</b>	<b>14</b>	<b>3,07</b>	<b>3,71</b>	<b>3,21</b>	<b>2,57</b>

- Equipe multidisciplinar deve decidir em conjunto
- Notas dadas por pessoas que não fizeram a matriz
- Esse método pode ser usado em outras etapas

# Etapa 8: detalhamento do projeto

- Desenhos das peças a serem produzidas
- Especificação de todos os materiais e processos
- Definição de fornecedores
- Projeto de detalhamento
  - Memoriais de cálculo de engenharia
    - Resistência dos materiais
    - Transferência de calor
    - Todas as demais disciplinas envolvidas
- Análise de possíveis falhas





# Etapa 9: prototipagem

- Falhas não identificadas podem levar a problemas sérios
- A melhor forma de testar seria com protótipos
- Protótipos consomem tempo, recursos, e dinheiro
- Podem ser complexos
- Se a produção é pequena, pode não justificar
- Protótipos somente em casos realmente necessários
- Somente características importantes
- Tipo de análise que se deseja: estrutural, funcional
- Opção: maquete eletrônica em computador e CAE

# Adequação de protótipos

## Representação estrutural

### **Modelo de apresentação**

Forma física e aparência  
(mas não a função)

### **Modelo de forma**

Tamanho físico e forma (mas  
não função nem aparência)

## Representações estrutural e funcional

### **Protótipo de pré-produção**

Modelo completo de um  
produto para fabricação  
(tamanho, forma e função)

### **Protótipo de produção**

Materiais e processos iguais  
aos da produção industrial

## Representação funcional

### **Protótipo experimental**

Funções principais (mas não  
tamanho e forma)

### **Protótipo de teste**

Funções específicas (mas  
não tamanho e forma)

# Etapa 10: produção

- Determinação da quantidade a ser produzida
  - EVTE, contrato, previsão de vendas, etc.
- Produção pequena pode não exigir linha de produção
- Produção seriada pode exigir construção da linha
- Importante: registro e documentação
  - Todas as atividades
  - Erros ou lições aprendidas
  - Visando continuidade da produção

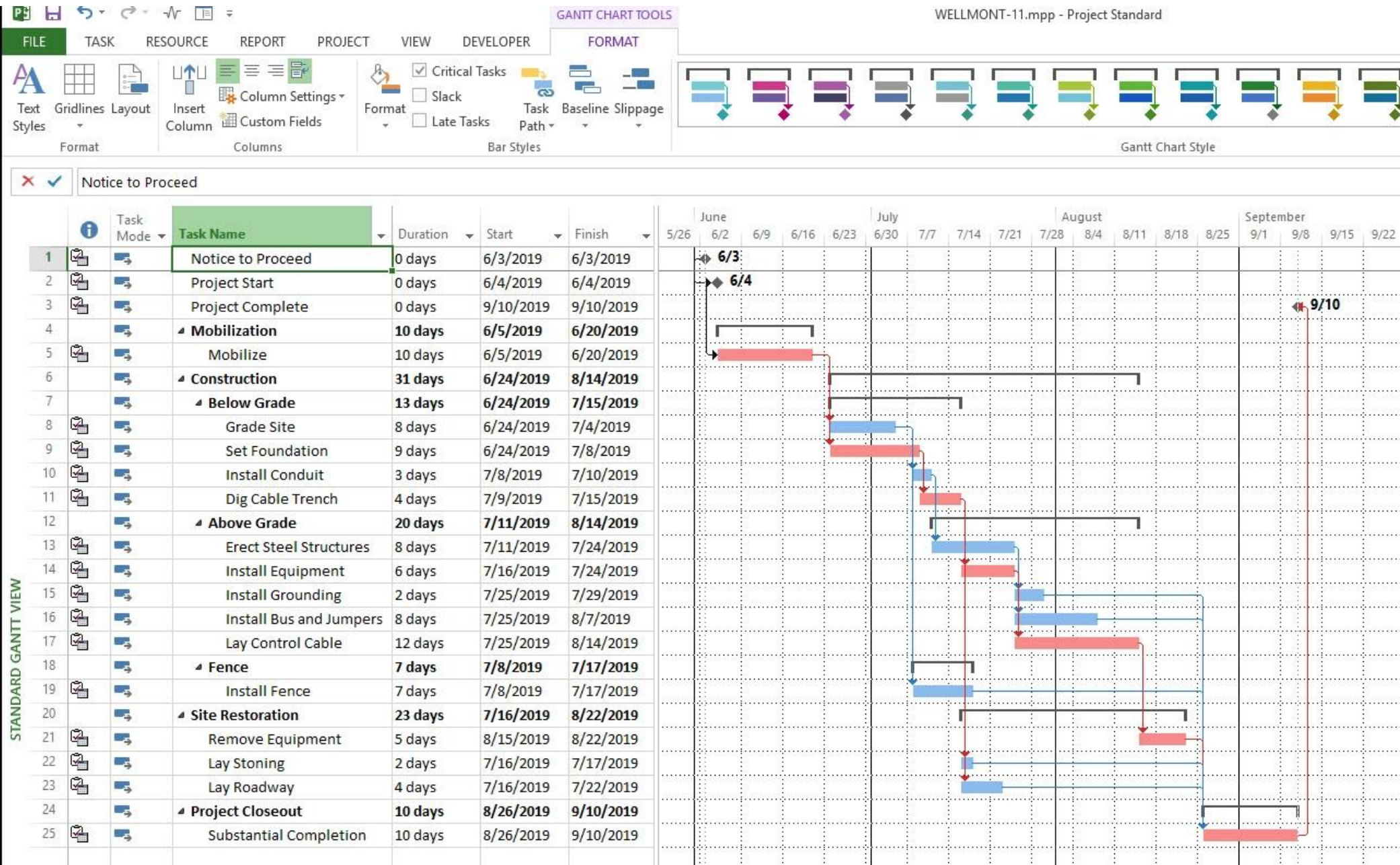
# Cronogramas

# Cronogramas

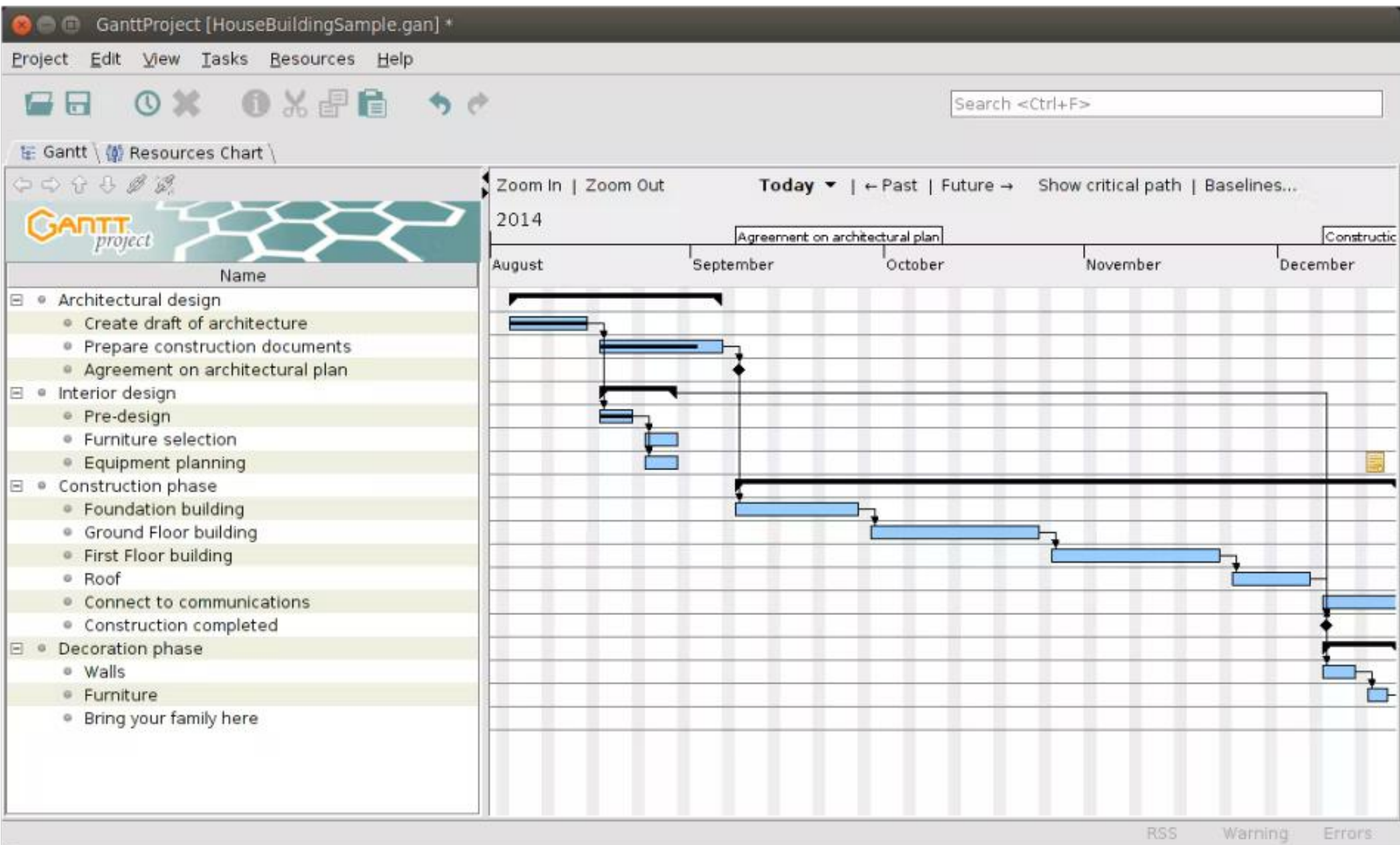
- Estabelecer início e final de cada etapa/tarefa
- Relação entre tarefas, recursos
- Deve ser montado desde o início, desde a 1ª ideia
- Ferramentas especializadas como o MS Project
  - Iniciar pelas principais atividades
  - Subdividir em detalhes, quanto mais melhor
  - Custos, recursos, atribuições, duração, encadeamento
  - Linha de base (“fotografia no momento da aprovação”)
- Deve prever TUDO, incluindo eventuais retornos a etapas anteriores, caso alguma etapa precise ser refeita



# Exemplo - MS Project

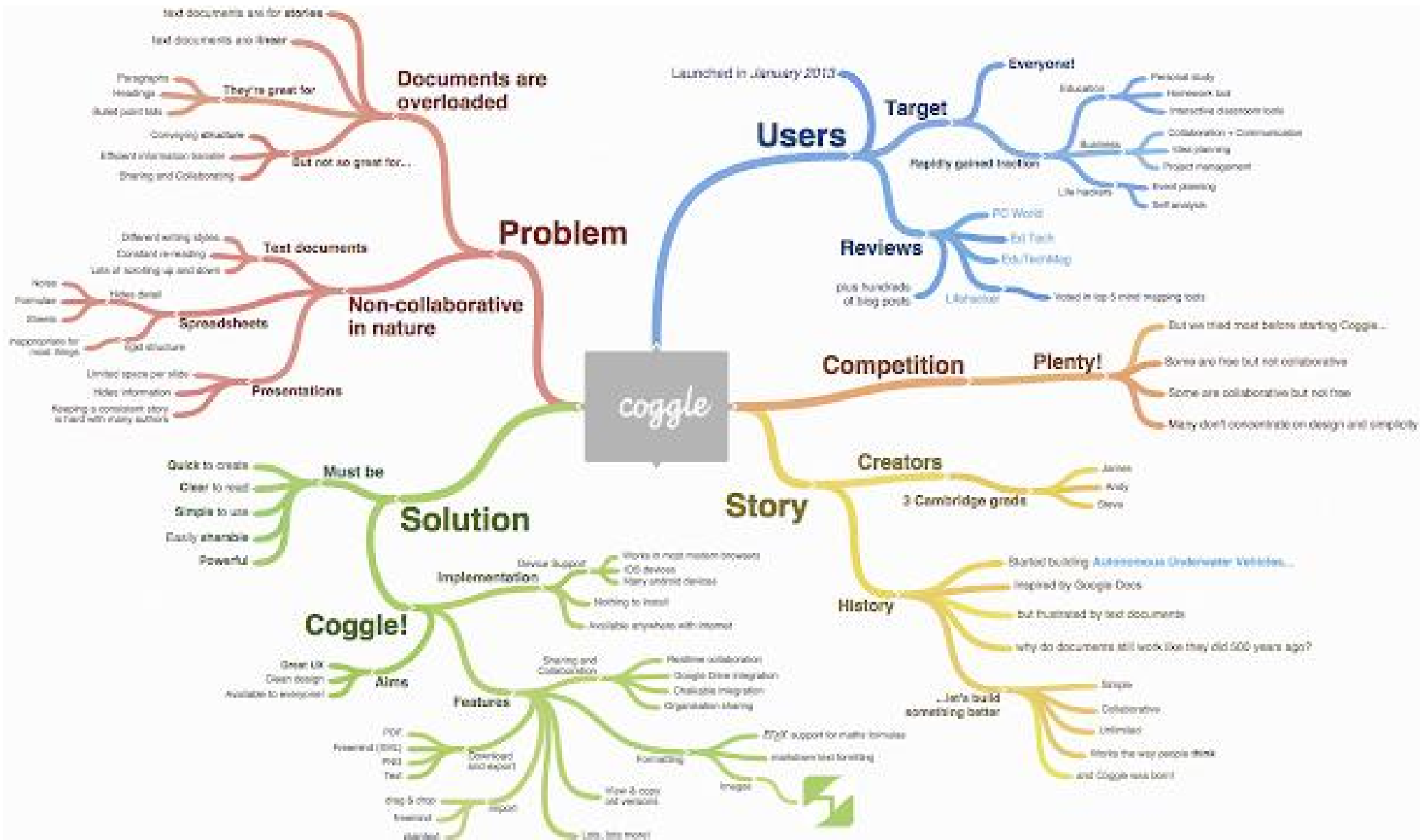


# Exemplo - GanttProject





# Mind Map (útil em alguns casos)



# Referências

BUDYNAS, R. G. Elementos De Maquinas De Shigley. 8ª edição. [S. l.]: AMGH, 2011.

COLLISN, J. A.; BUSBY, H. R.; STAAB, G. H. Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas: uma Perspectiva de Prevenção da Falha. 2ª edição. [S. l.]: LTC, 2019.

LOBO, Y. R. de O.; JÚNIOR, I. E. de O.; ESTAMBASSE, E. C.; SHIGUEMOTO, A. C. G. Projeto de máquinas. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

NORTON, R. L.; BOOKMAN, E.; STAVROPOULOS, K. D.; AGUIAR, J. B. de; AGUIAR, J. M. de; MACHNIEVSCZ, R.; CASTRO, J. F. de. Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada. 4ª edição. [S. l.]: Bookman, 2013.

APOSTILA  
do Prof. Eduardo

<https://github.com/efurlanm/teaching/>

Prof. Eduardo Furlan  
2023

