

Caminhos de Amizades pelo Facebook:

Dualidade Computacional entre Curto e Longo

iECI – 2019

Daniel Ratton Figueiredo
PESC/COPPE/UFRJ

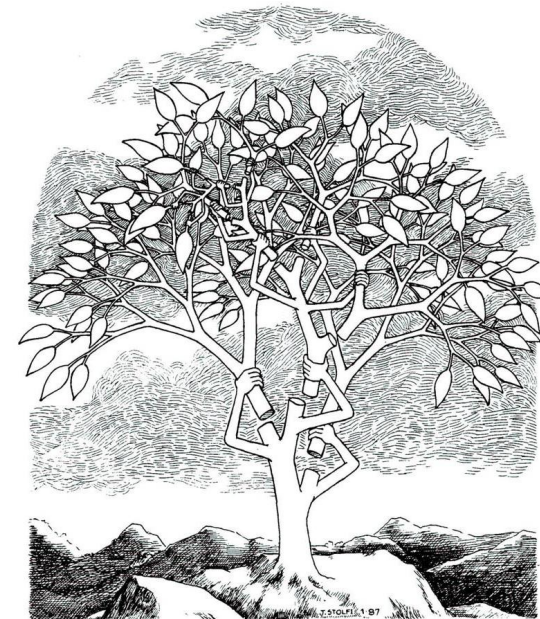


Problemas da Computação



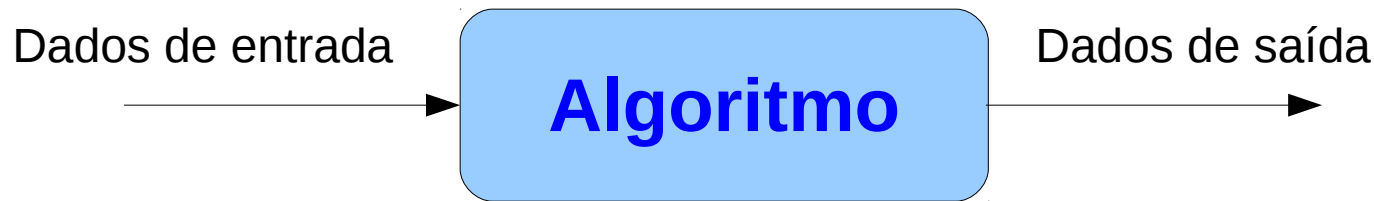
- ❑ Objetivo: como resolver problemas
 - calcular zeros de um polinômio
 - ordenar um conjunto de nomes
 - encontrar página web mais relevante

- ❑ Solução é como encontrar a resposta de forma eficiente
 - resposta em si não é importante
- ❑ Qual é a *cara* da solução?
 - computador faz só o que mandamos



Algoritmo + Estrutura de Dados

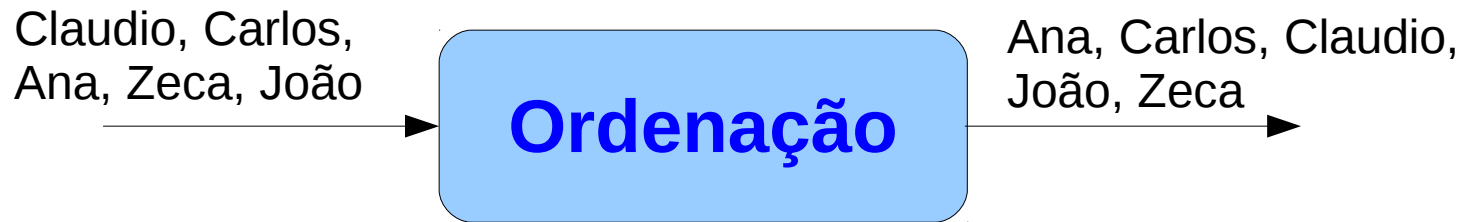
- ❑ Algoritmo: conjunto de regras (ordens)
 - recebe dados, processa, gera dados (função)
- ❑ Estrutura de dados: memória para encadear ordens



- ❑ Ex. Encontrar zeros de equação do segundo grau,
 $ax^2 + bx + c = 0$
 - entrada: valores de a, b, c
 - saída: valores de x onde equação vale zero
- ❑ Algoritmo?

Ordenando Nomes

- ❑ Colocar em ordem alfabética conjunto de nomes
 - entrada: lista de nomes
 - saída: lista de nomes ordenada



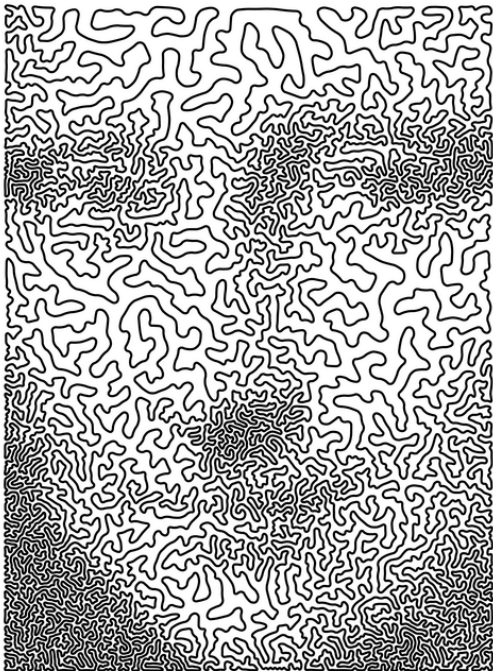
❑ Algoritmo?

- 1) determinar menor nome da lista
- 2) remover menor nome da lista, colocar na saída
- 3) voltar ao passo 1 enquanto lista não vazia

Complexidade Computacional



- ❑ Existem mil maneiras de ordenar nomes
- ❑ Qual delas é a mais eficiente?
 - que faz menos comparações?



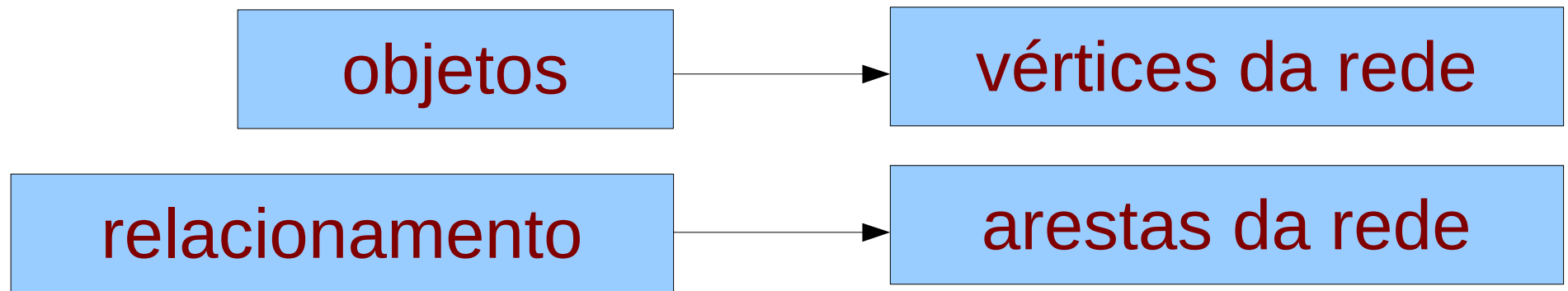
- ❑ Problema central na computação: projetar algoritmos eficientes

É mais arte que ciência!

- ❑ Sim para alguns problemas, ainda não para outros!

Redes (ou Grafos)

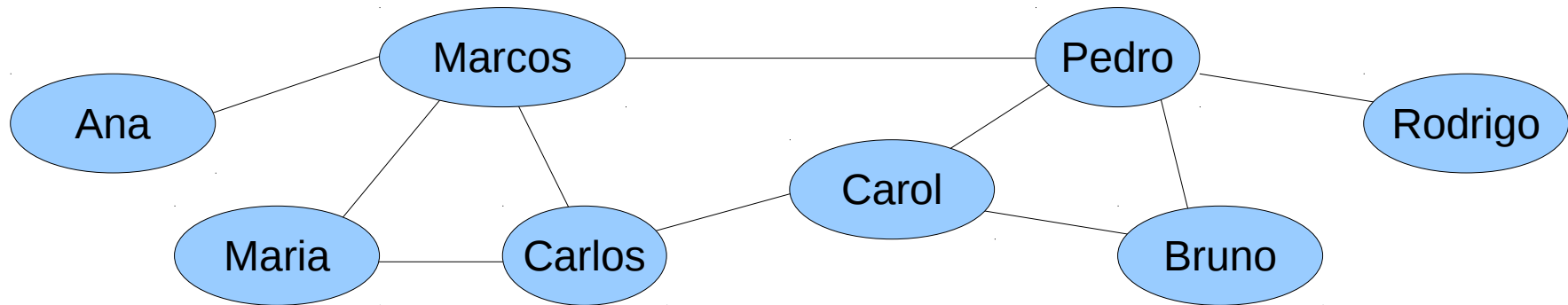
- ❑ Abstração que permite codificar relacionamento entre **pares** de objetos



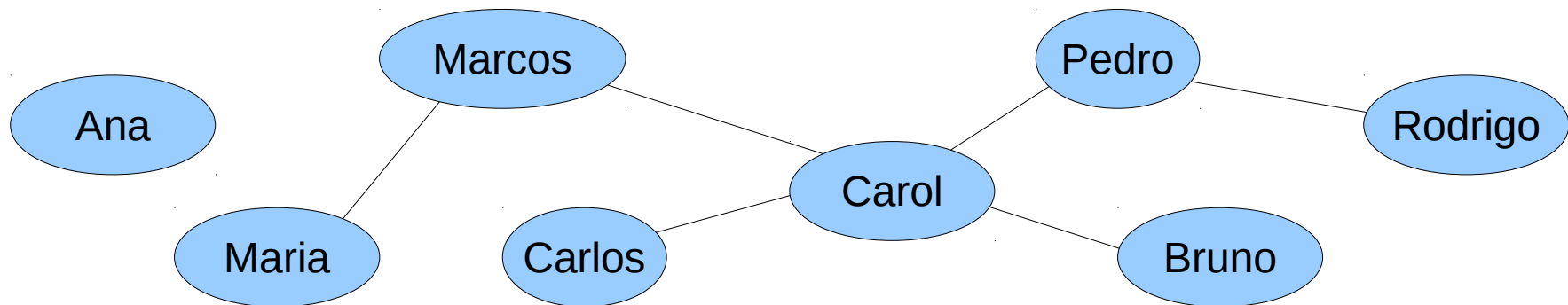
- ❑ Redes como ferramenta de **abstração matemática**
- ❑ Na computação e matemática, redes é chamada de grafos

Redes Sociais

- ❑ Objeto: pessoas
- ❑ Relacionamento: ser amigo no Facebook



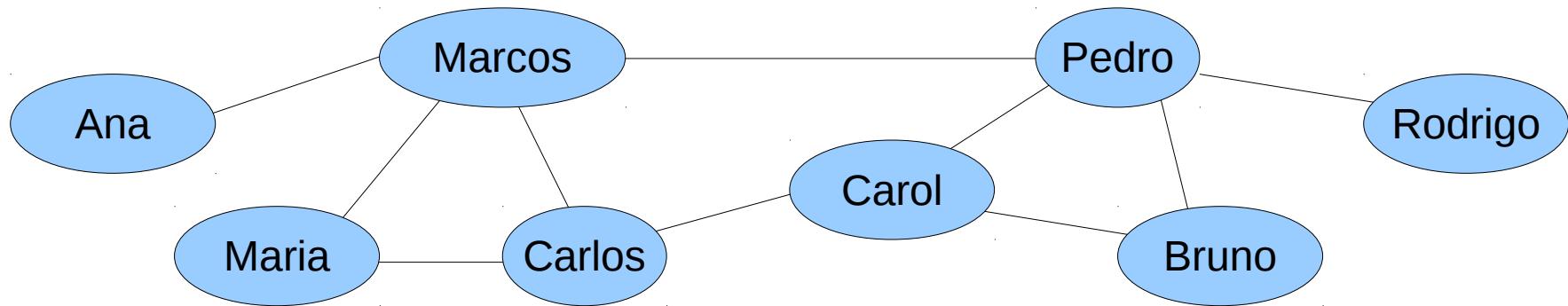
- ❑ Outro relacionamento: ter contato no Whatsapp



**Diferentes relacionamentos sobre
mesmo conjunto de objetos!**

Caminhos em Redes

- ❑ Caminho: sequência de vértices com arestas incidentes

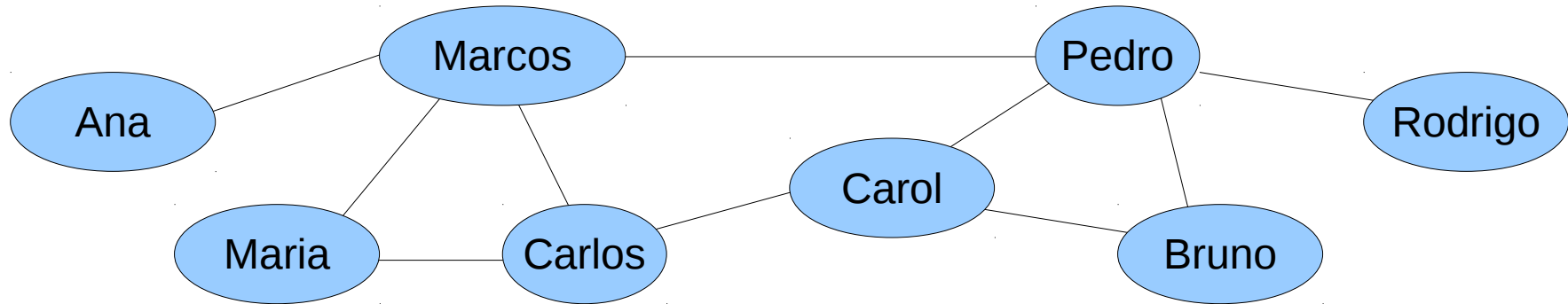


- ❑ (Maria, Carlos, Carol, Pedro) é caminho?
- ❑ (Maria, Marcos, Carol, Pedro) é caminho?
- ❑ (Ana, Marcos, Maria, Carlos, Carol, Pedro) é caminho?

Muitos caminhos entre os pares!

Distâncias em Redes

- ❑ Comprimento de um caminho: número de arestas (relacionamentos) pertencentes ao caminho



- ❑ (Maria, Carlos, Carol, Pedro) comprimento?
- ❑ (Ana, Marcos, Maria, Carlos, Carol, Pedro) comprimento?
- ❑ **Distância:** comprimento do caminho de menor comprimento entre dois vértices
 - proximidade entre dois vértices no relacionamento
- ❑ Distância(Maria, Pedro)?
- ❑ Distância(Ana, Rodrigo)?

Facebook

- ❑ Mais de 2.3 bilhões de usuários
- ❑ Média ~400 amizades por pessoa
 - 400 bilhões de relacionamentos

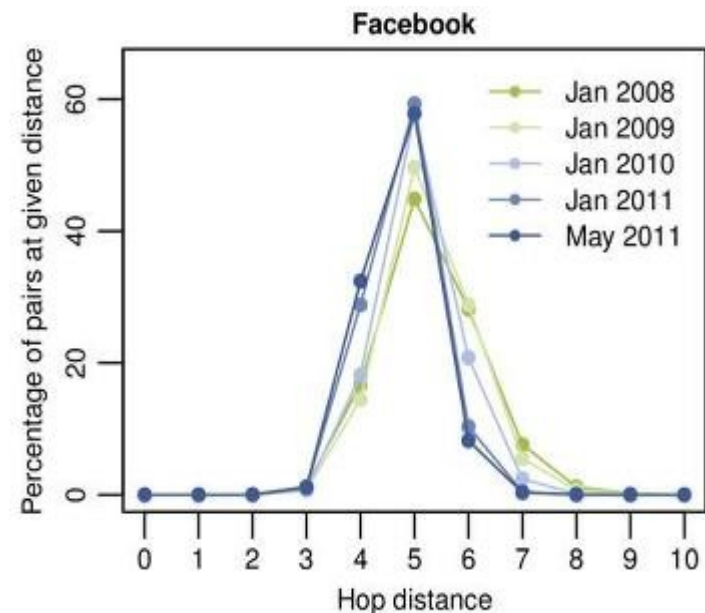


❑ Distâncias no Facebook:

- Entre você e pessoa escolhida ao acaso? → ~ 5
- Entre você e pessoa “bem longe”? → ~ 10

!!!

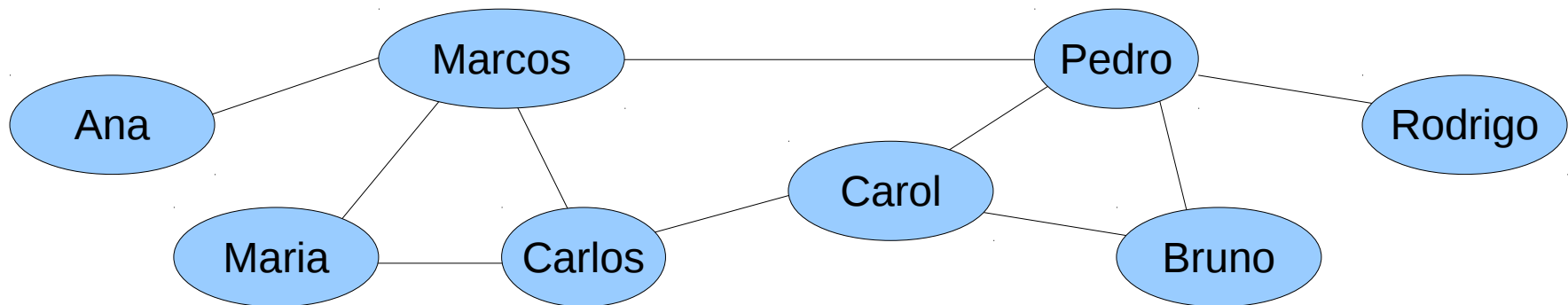
- ❑ Distribuição de distâncias
 - considerando todos os pares, fração de pares com distância d



Calculando Distâncias



- ❑ Muito interessante, mas como calcular distâncias na rede?
 - entrada: rede e dois vértices u, v
 - saída: distância entre eles
- ❑ Algoritmo?

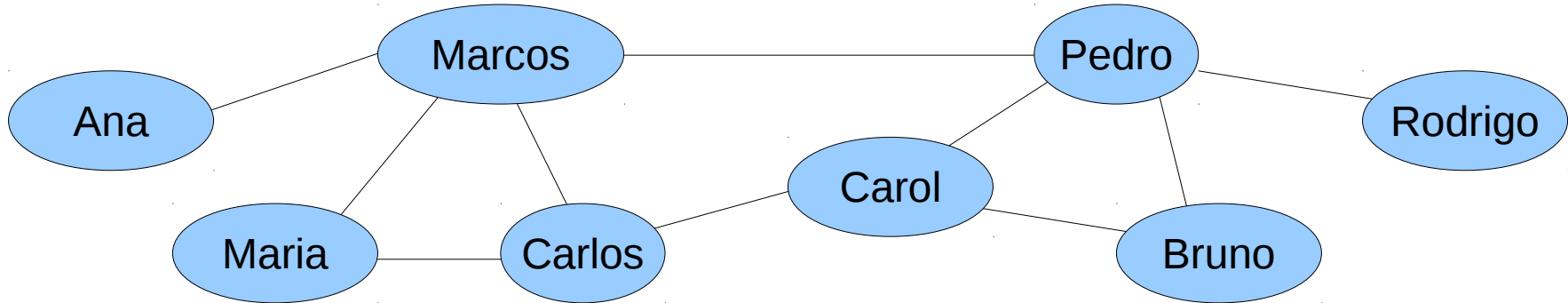


Problema resolvido!

- ❑ Sabemos encontrar caminhos curtos rapidamente
 - No FB, menos de 1 segundo em seu laptop!

Caminhos Longos

- ❑ Comprimento do **maior** caminho entre dois vértices (sem repetição)
 - o mede longos percursos (transitividade) pela rede

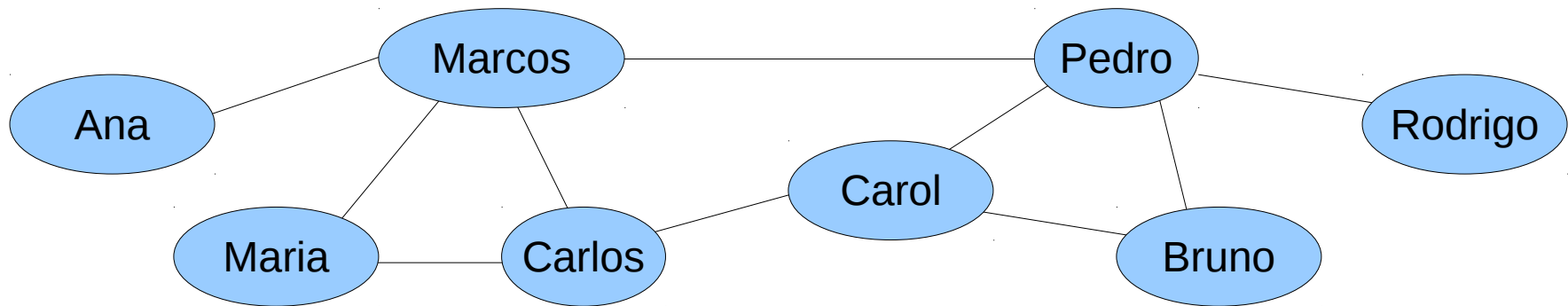


- ❑ $\text{Longe}(u,v)$: comprimento do maior caminho entre u e v
- ❑ $\text{Longe}(\text{Carlos}, \text{Carol})?$ —————> 5
- ❑ $\text{Longe}(\text{Ana}, \text{Maria})?$ —————> 6
- ❑ $\text{Longe}(\text{Ana}, \text{Rodrigo})?$ —————> 7

Calculando Longe



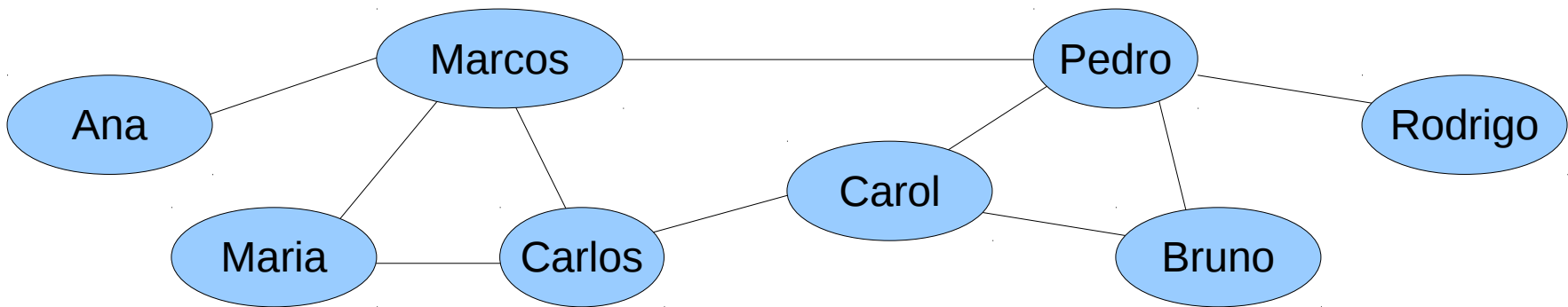
- ❑ Algoritmo para calcular $\text{Longe}(u,v)$?
 - o entrada: rede e dois vértices u, v
 - o saída: comprimento do maior caminho simples entre eles



❑ Ideias?

Algoritmo Bobo

- 1) Fixa $u, v, i=(n-1)$
- 2) Para cada permutação $p=(u,\dots,v)$ com i vértices faça
 - 2.1) verificar se existe aresta entre vértices da permutação $p=(u,\dots,v)$
 - 2.2) caso positivo, pare (encontramos caminho)
- 3) decrementa i , volta para passo 2 (até $i=0$)



❑ Complexidade do Bobo?

$O > n!$ onde n é o número de vértices da rede

Calculando Longe

- ❑ Algoritmo Bobo não é eficiente
 - $50!$ é mais que número de átomos no universo
 - não “termina” nem na rede dos alunos da Matemática Aplicada



- ❑ Existe algoritmo eficiente para calcular Longe?

Não sabemos!

- ❑ Não conhecemos nenhum algoritmo, não sabemos se um existe
- ❑ Prêmio de 1 milhão de dólares para quem responder!



Dicotomia Perto-Longe

❑ Considere uma rede, e dois problemas:

❑ Calcular caminho
mais curto

← **Fácil**

❑ Calcular caminho
mais longo

← **Difícil** (aparentemente)



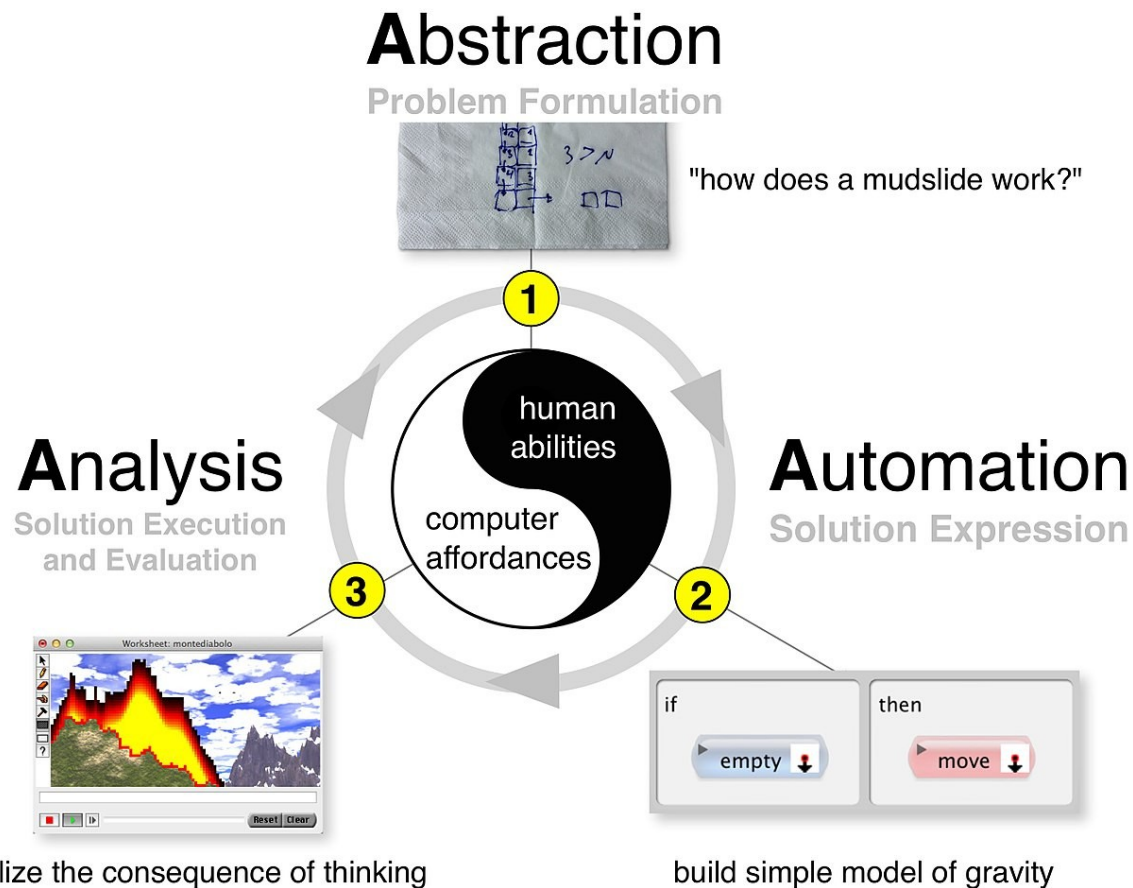
❑ Dicotomia (?) ainda sem
explicação bem aceita

❑ Dicotomia semelhante em
diversos outros problemas

Aspectos centrais à Computação

Computational Thinking

- ❑ Metodologia para expressar problemas e respostas (algoritmicamente)
- ❑ Habilidade fundamental no mundo moderno
 - o muito além da Computação



- ❑ Parte do ensino, como matemática
- ❑ Entidades: *Hour of Code*
- ❑ Realidade nos EUA

Obrigado!



☐ Perguntas ou comentários?

Email: daniel@cos.ufrj.br
Web: www.cos.ufrj.br/~daniel

PESC/COPPE/UFRJ

Computação e Matemática



- ❑ *László Lovász*: grande e influente matemático, probabilidade, combinatória, grafos, etc

Trends in Mathematics: How they could change education
László Lovász, 2008

- ❑ *Matemática algorítmica*: pensamento procedural para resolver problemas
- ❑ Computador → matemática experimental

**Matemática e Computação
tem tudo a ver!**