

Caminhos de Amizades pelo Facebook: *Dualidade Computacional entre Curto e Longo*

Introdução a ECI
Aula 2

Daniel R. Figueiredo
LAND - PESCCOPPE/UFRJ



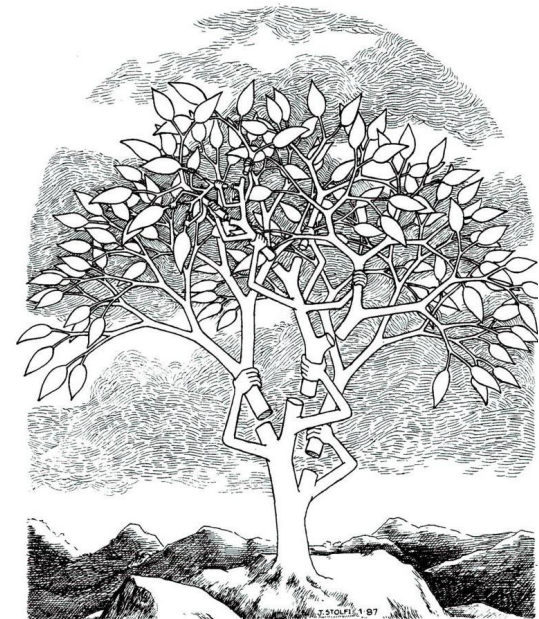
Problemas da Computação



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

- ❑ Solução é o como encontrar a resposta
 - resposta em si não é importante

- ❑ Qual é a *cara* da solução?
 - computador faz só o que mandamos



Algoritmo + Estrutura de Dados

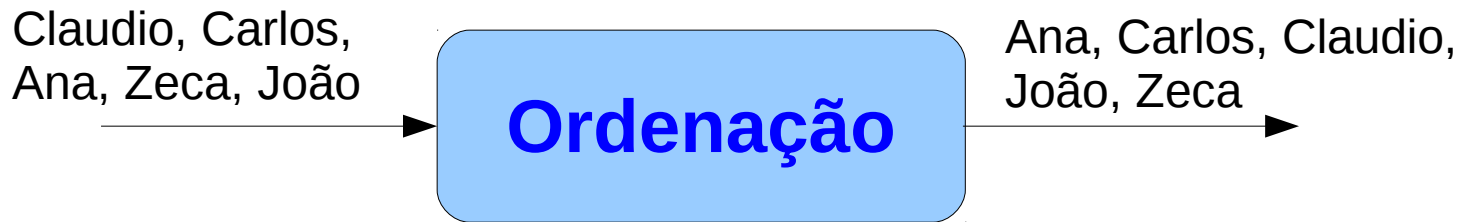
- ❑ Algoritmo: conjunto de regras (ordens)
 - recebe dados, processa, gera dados (função)
- ❑ Estrutura de dados: memória para encadear ordens



- ❑ 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



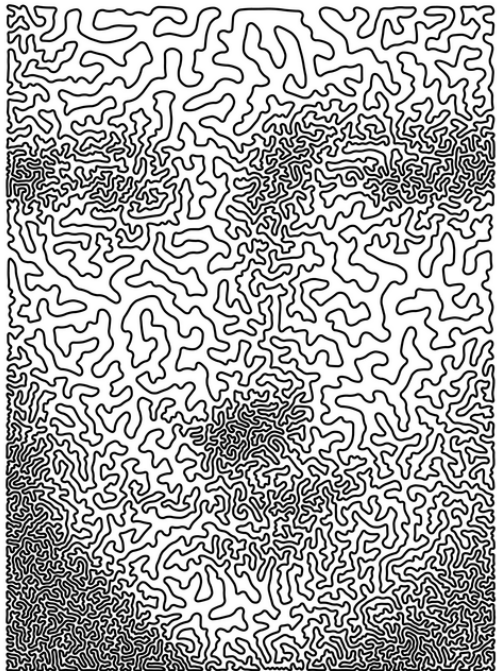
❑ Algoritmo?

- 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?



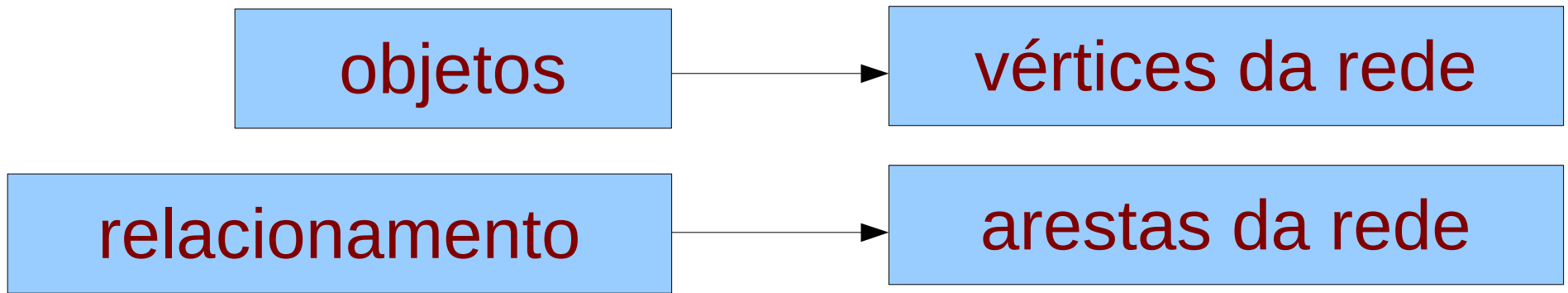
- ❑ Problema central na computação: projetar algoritmos eficientes

Mais arte do que engenharia!

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

Redes (ou Grafos)

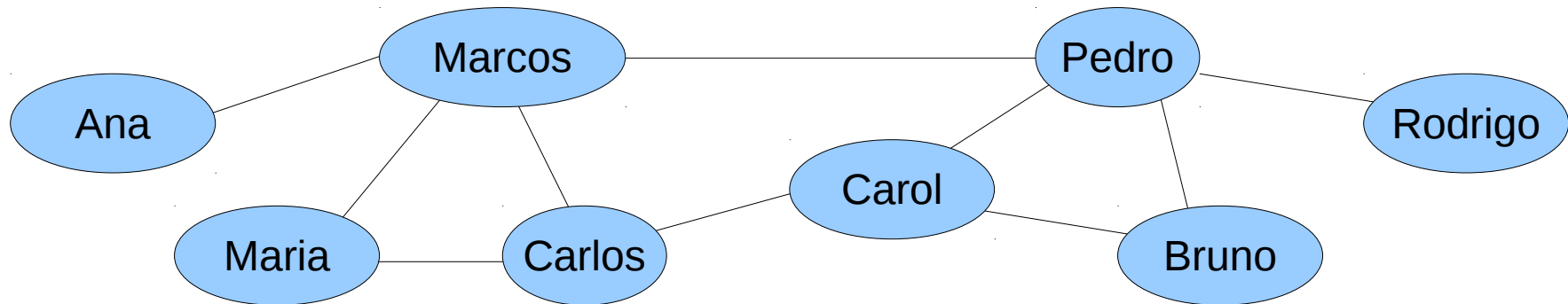
- ❑ Abstração que permite codificar relacionamento entre **pares** de objetos



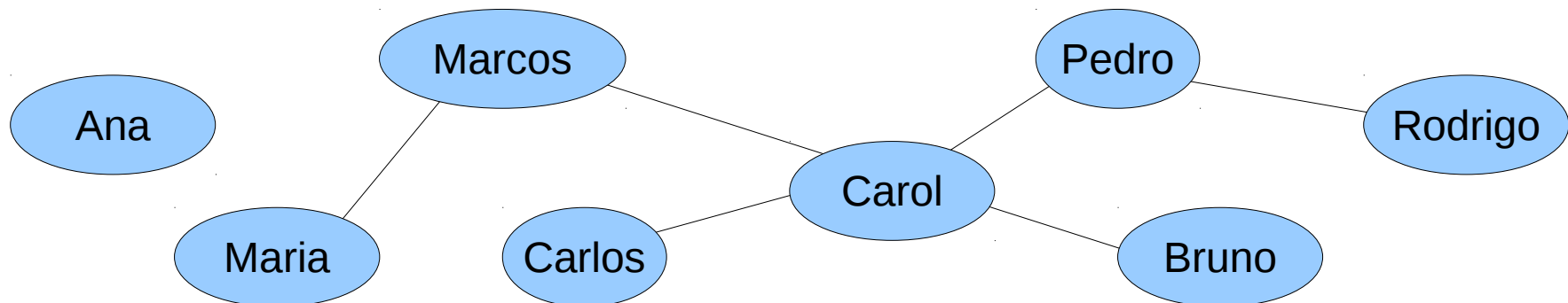
- ❑ Redes como ferramenta de **abstração matemática**
- ❑ Na computação, redes é chamada de grafos

Redes Sociais

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



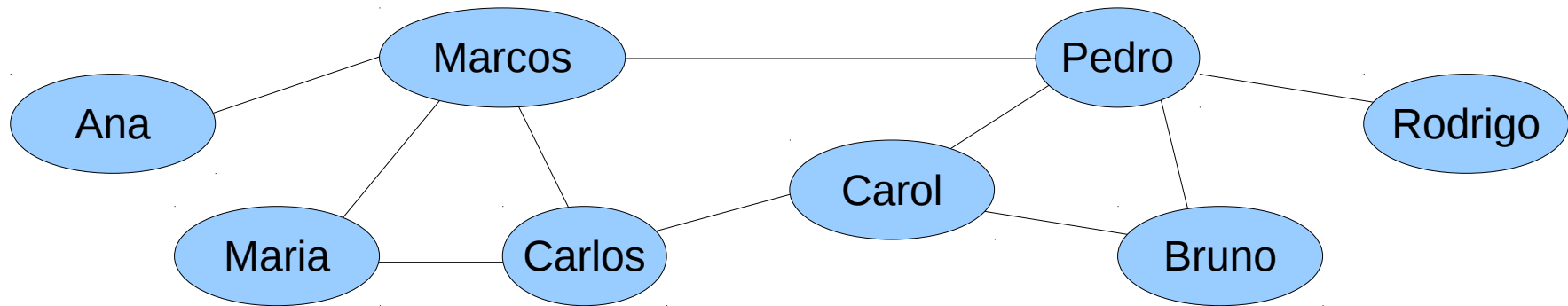
- ❑ Outro relacionamento: ter se beijado



Diferentes relacionamentos sobre mesmo conjunto de objetos!

Caminhos em Redes

- ❑ Caminho: sequência de vértices com arestas incidentes

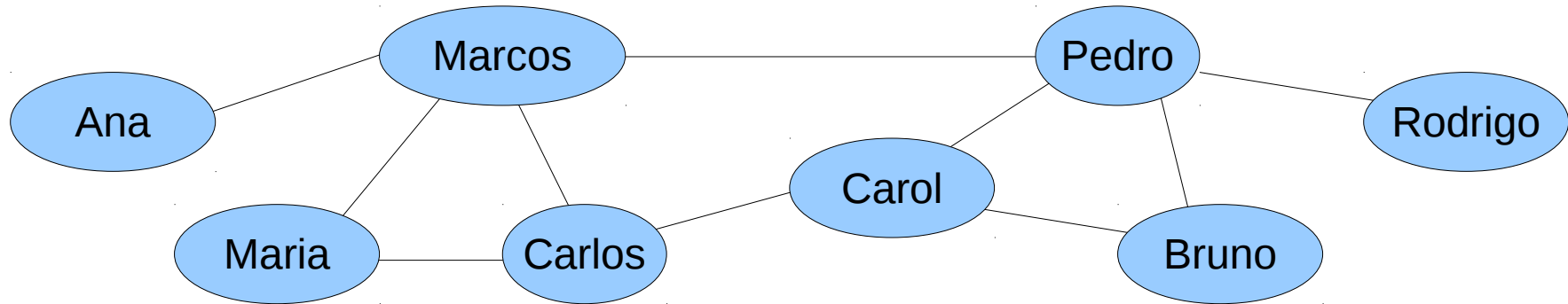


- ❑ (Maria, Carlos, Carol, Pedro) é caminho?
- ❑ (Maria, Marcos, Carol, Pedro) é caminho?
- ❑ (Ana, Marcos, Maria, Carlos, Carol, Pedro) é caminho?

Em geral, redes possuem muitos caminhos

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 bilhões de usuários
- ❑ Média ~700 amizades por pessoa
 - 350 bilhões de relacionamentos



❑ Distâncias no Facebook:

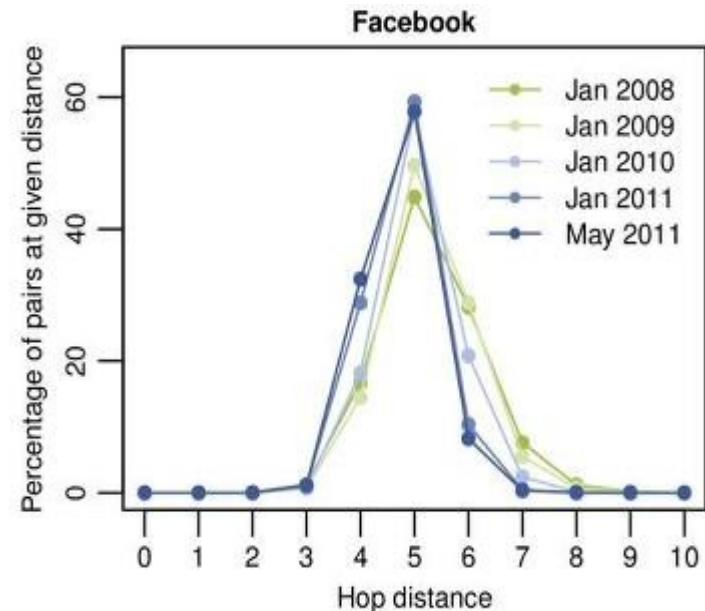
- Entre você e pessoa escolhida ao acaso?
- Entre você e pessoa “bem longe”?

→ ~ 5

→ ~ 10



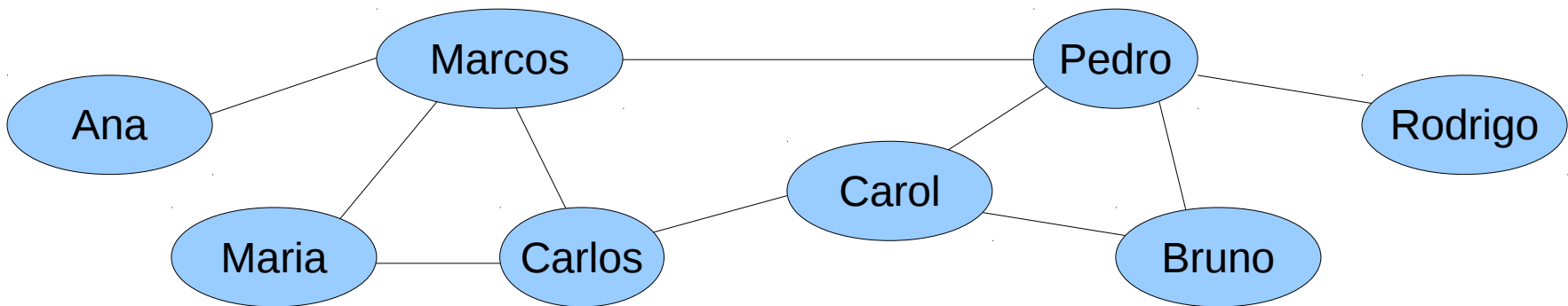
- ❑ Distribuição de distâncias
 - considerando todos os pares, fração de pares com distância d



Calculando Distâncias



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

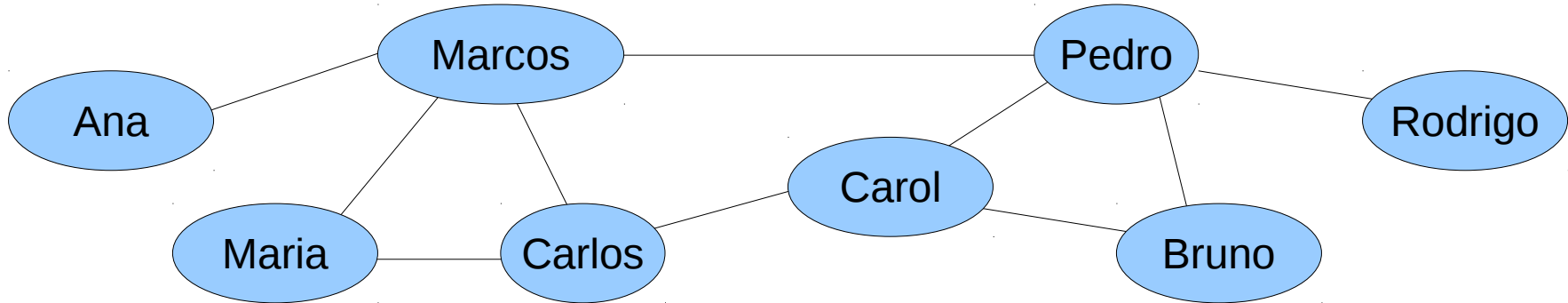


Problema resolvido!

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


Caminhos Longos

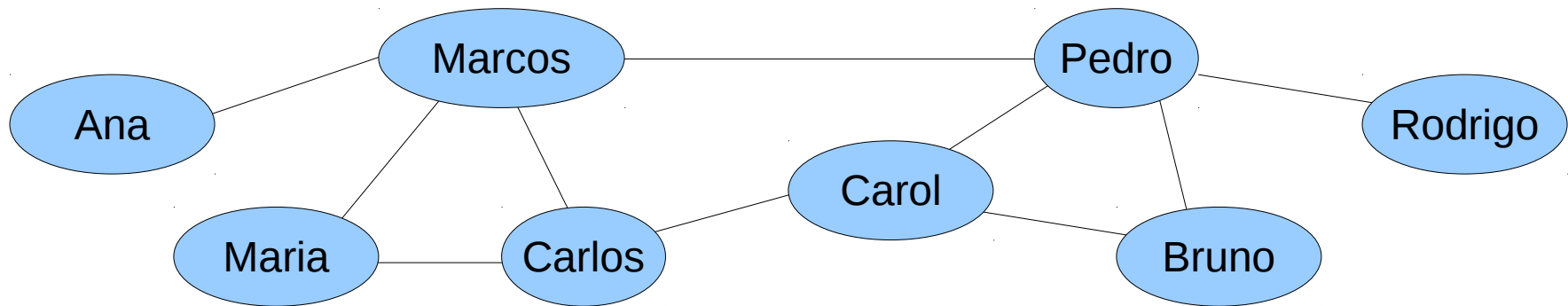
- Comprimento do **maior** caminho entre dois vértices (sem repetição)
 - mede longos percursos (transitividade) pela rede



- $\text{Longe}(u,v)$: 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

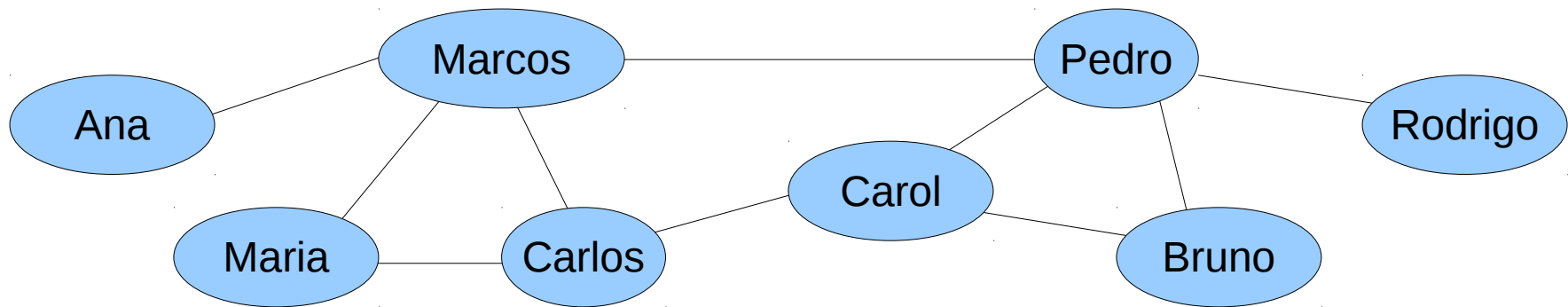
- 
- ❑ Algoritmo para calcular $\text{Longe}(u,v)$?
 - entrada: rede e dois vértices u, v
 - saída: comprimento do maior caminho simples entre eles



❑ Ideias?

Algoritmo Bobo

- 1) Fixa $u, v, i=n$ (n =número de nós da rede)
- 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 ECI



- ❑ 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

Computação e Matemática



- ❑ *László Lovász*: Influente matemático, probabilidade, combinatória, grafos, etc.

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

- ❑ Computação: nova área no contexto da matemática aplicada
- ❑ *Matemática algorítmica*: pensamento procedural para resolver problemas
- ❑ Computador → matemática experimental

Tudo a ver!

Obrigado!

Perguntas ou comentários?



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

LAND – PESC/COPPE/UFRJ

