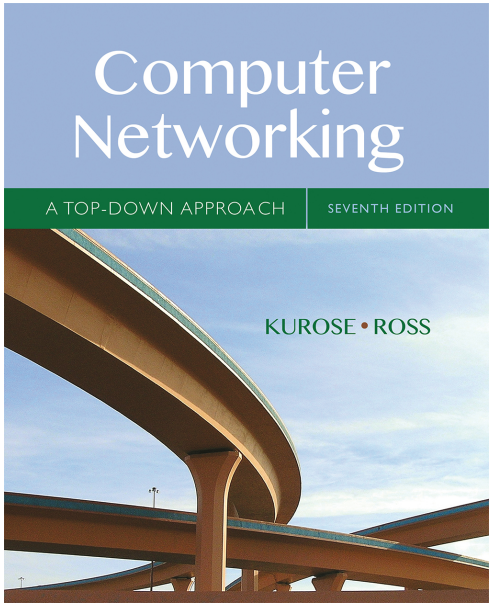
Segurança em Redes

Comunicações por Computador

Mestrado Integrado em Engenharia Informática

3º ano/2º semestre

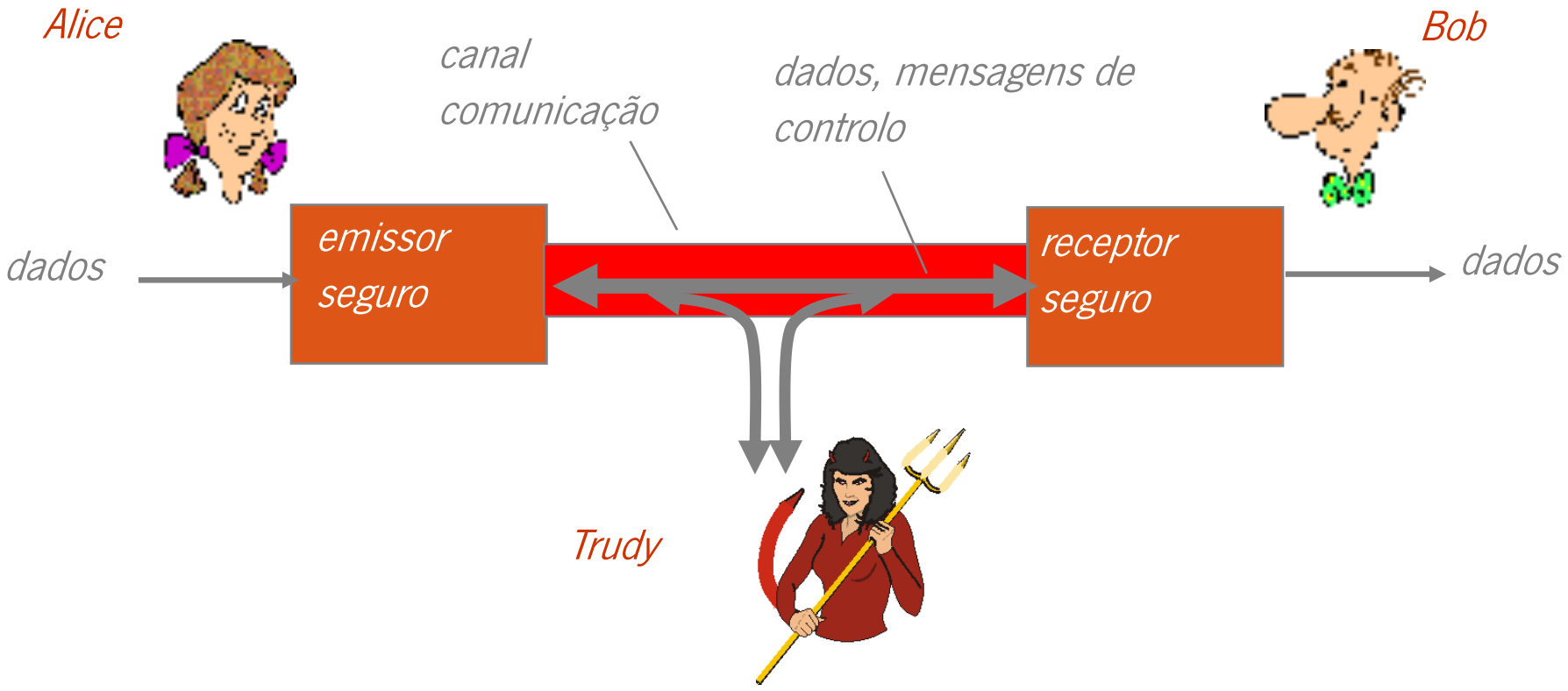
2018/2019



Capítulo 8: Security in Computer Networks

Actores: os amigos e os inimigos

- Personagens bem conhecidas do mundo da segurança ☺
- Alice e o Bob estão apaixonados e querem comunicar de forma segura;
- Que pode *Trudy* (a intrusa) fazer?



Que podem fazer os "maus"?

- espionagem: interceção indevida de mensagens
- inserção de mensagens numa conexão (comunicação)
- disfarce: pode fingir (*spoof*) endereços de origem nos pacotes (ou qualquer outro campo dos pacotes)
- desviar sessões (*hijacking*): "tomar conta" de conexões que estão a decorrer, remover o emissor ou o recetor, colocando-se no lugar destes
- negação de serviço: impedir premeditadamente que um serviço seja usado por outros (ex: sobrecarregando-o de algum modo)

Propriedades de uma comunicação segura

Confidencialidade: só o emissor e o receptor indicado devem "perceber" o conteúdo das mensagens

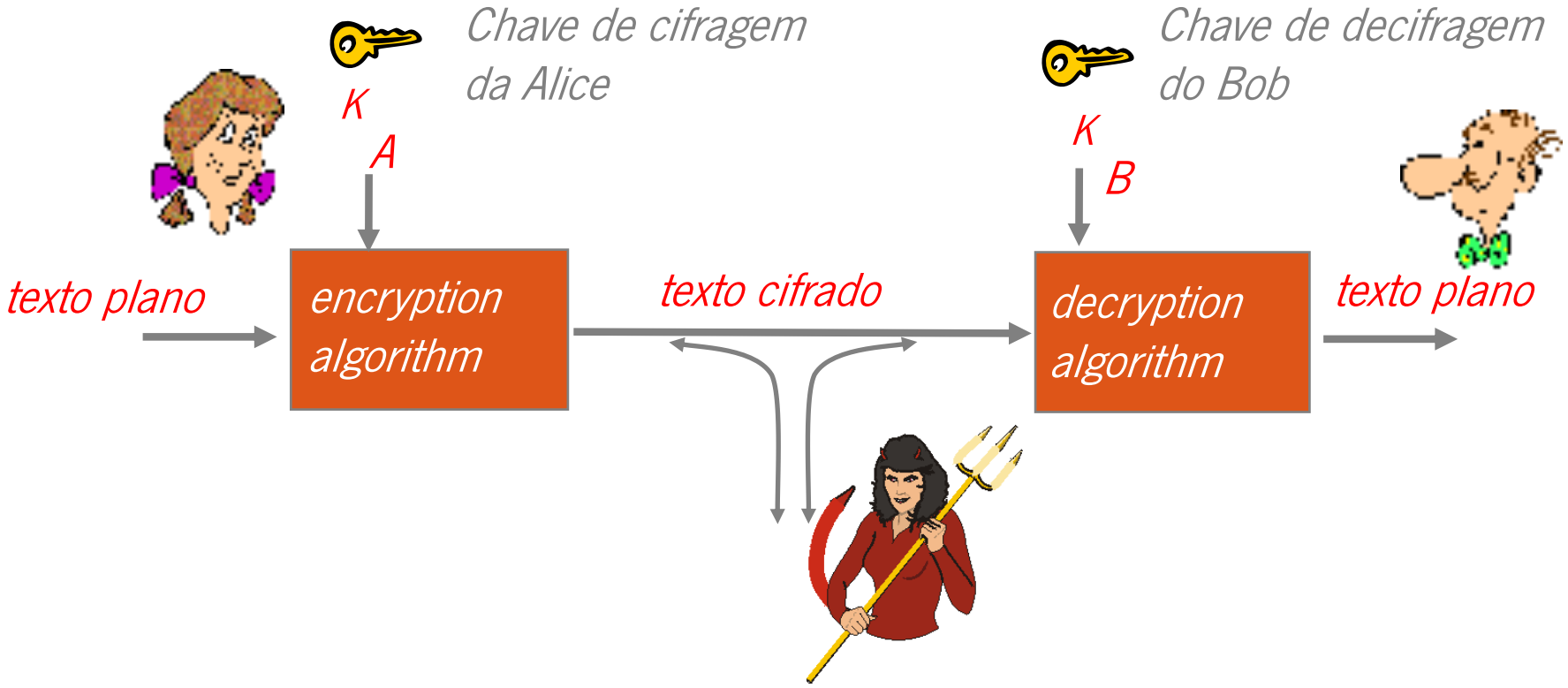
Autenticação: emissor e receptor pretendem confirmar a identidade um do outro

Integridade da mensagem: emissor e receptor querem garantir que a mensagem não foi alterada (no percurso pela rede, antes do envio ou depois da recepção) sem que tal possa ser imediatamente detectado

Não Repúdio: evidências que impeçam intervenientes de negar comunicação

Acesso e Disponibilidade: serviços devem estar acessíveis e com disponibilidade para os seus utilizadores

A “linguagem” da criptografia



criptografia de chave simétrica: emissor e receptor usam a *mesma* chave

criptografia de chave pública: uma chave para cifrar (publica) outra para decifrar (privada)

Criptografia de chave simétrica

Cifra de substituição: substituir uma coisa por outra

- cifra monoalfabética: substitui uma letra por outra

```
Text plano:   abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
                          ↓
Texto cifrado:  mnbvcxzasdfghjklpoiuytrewq
```

Ex.:

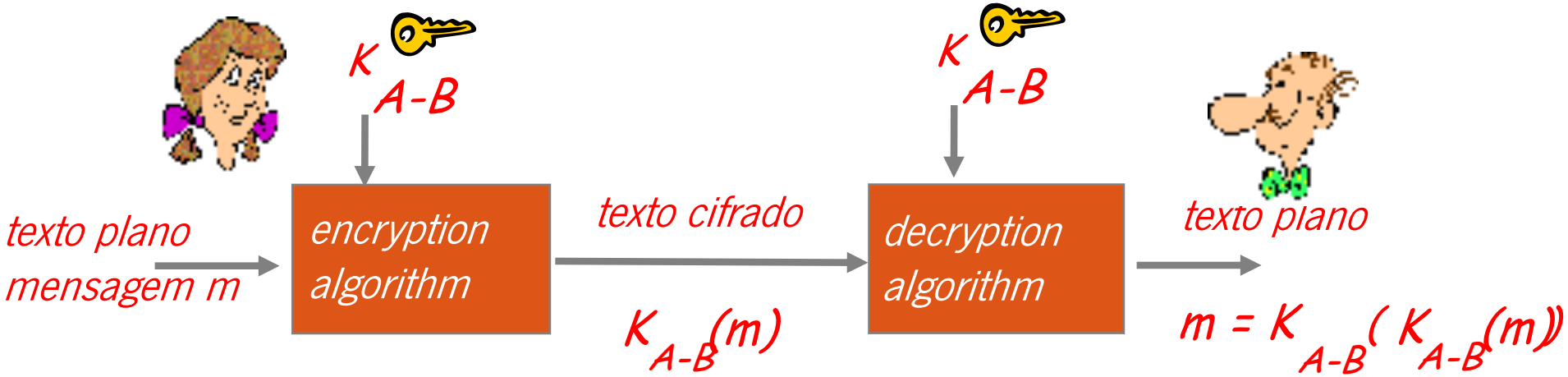
```
Texto Plano: Alice, Amo-te. Bob.

Texto Cifrado: Mgsbc, Mhk-nc. Nkn.
```

Q: Será fácil ou difícil quebrar esta cifra?

- *Pela força bruta (difícil?)*
- *Outro método?*

Criptografia de chave simétrica



Chave simétrica: Alice e Bob conhecem a mesma chave (simétrica) K_{A-B}

- Ex: conhecem o padrão de substituição do alfabeto! (ou a máquina de escrever, como a famosa ***Enigma*** da 2ª guerra mundial)

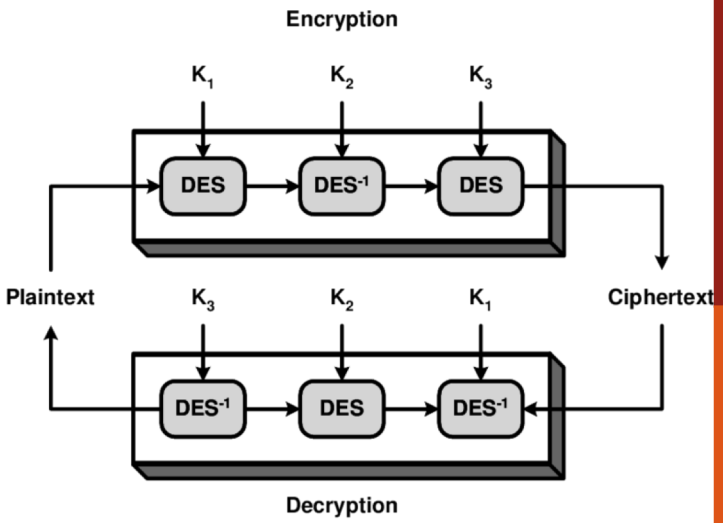
- **Pergunta: Como podem eles combinar a chave?**

Algoritmos mais usados

- **DES – Data Encryption Standard**
  - Chaves de 56 bits que processam blocos de 64 bits de cada vez
  - Quebra-se por força bruta em **menos de 1 dia**!
- **3-DES (3 x DES)**
  - Usa 3 chaves DES sequencialmente
  - Chaves:

    56 bit (todas iguais, compatível DES),

    112 bit (k1=K3) ou 168 bit (3 distintas)
  - Prevê-se que possa ser usado até ao ano 2030..



- **AES – Advanced Encryption Standard**
  - Veio em 2001 para substituir o velho DES
  - Processa blocos de 128 bits de cada vez
  - Chaves de 128, 192 ou 256 bits de tamanho
  - Pela força bruta, o que demora um segundo a quebrar no DES demorará **149 triliões de anos** no AES!!!

Criptografia de Chave Pública

Criptografia de chave simétrica

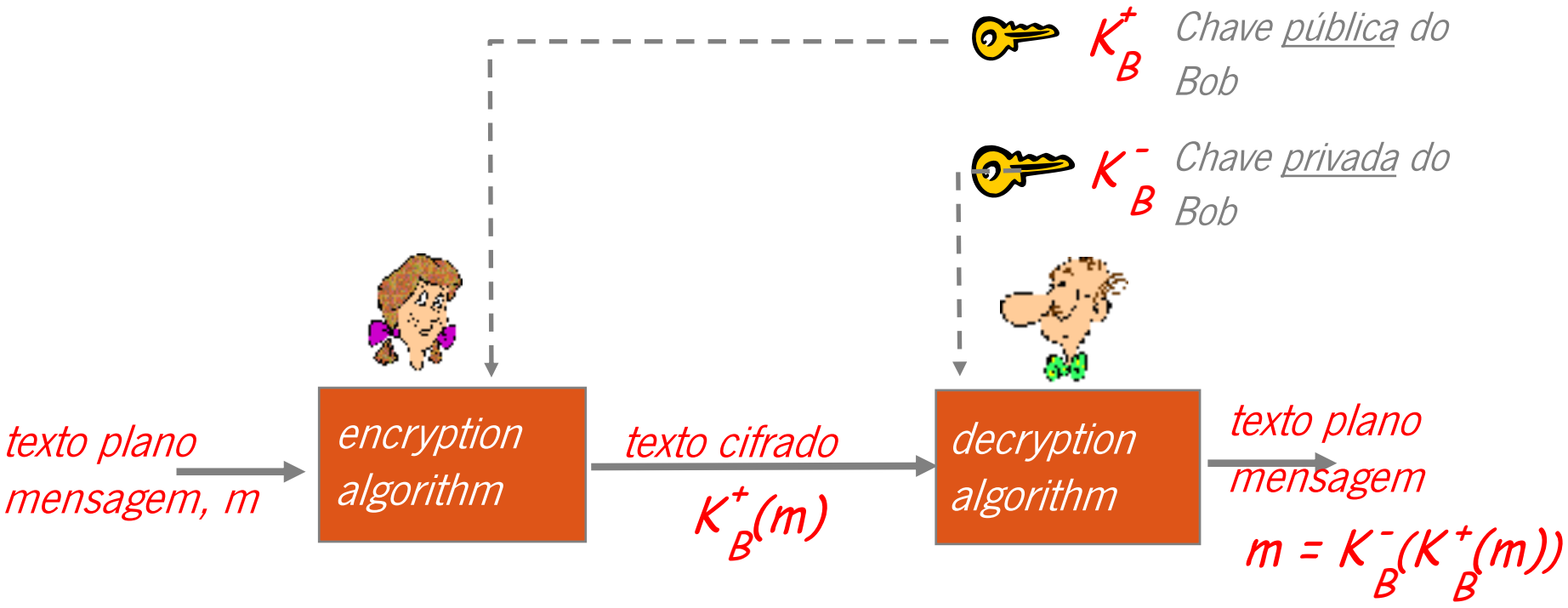
- **exige que emissor e receptor conheçam a mesma chave secreta**
- **Pergunta: como podem combinar uma, se, por exemplo, não se conhecem ou nunca estiveram juntos?**

Criptografia de Chave Pública

- *abordagem radicalmente diferente [Diffie-Hellman76, RSA78]*
- *emissor e receptor não partilham nenhum segredo!*
- *Usa um par de chaves*
- *Chave pública conhecida por todos*
- *Chave Privada apenas conhecida pelo recetor*

Criptografia de Chave Pública

Confidencialidade, e também integridade



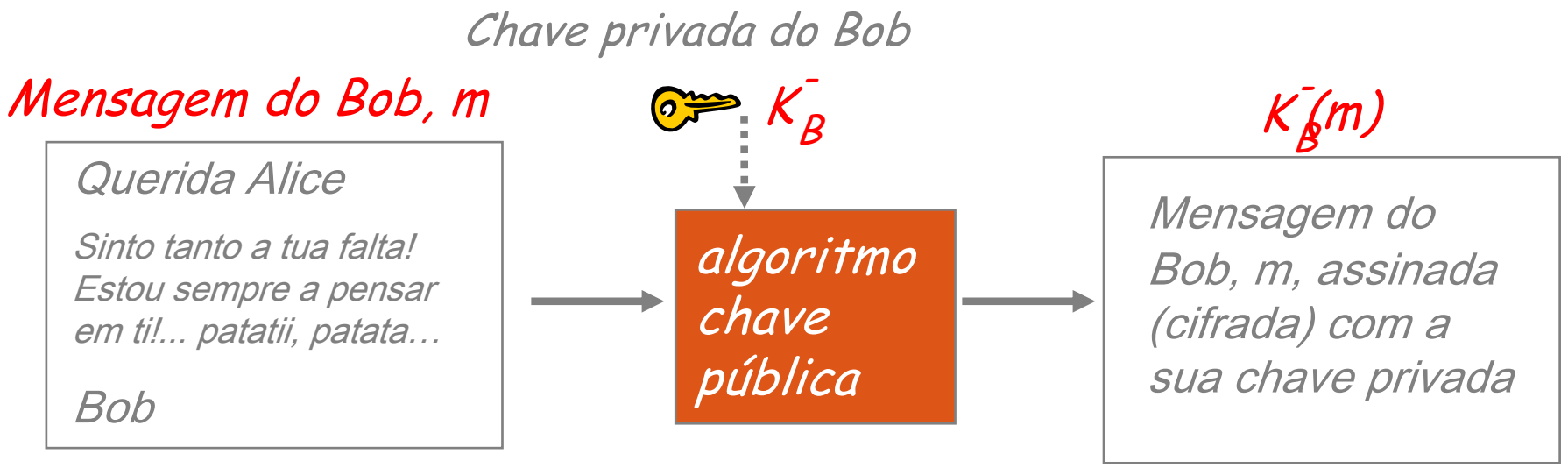
Só o Bob, na posse da sua chave privada, poderá decifrar a mensagem
Mais ninguém pode fazê-lo – total confidencialidade!
Se não decifrar é porque não mantém a integridade

Criptografia de Chave Pública

Autenticação do originador (assinatura digital), não repúdio do originador e também integridade

esquema muito simples para assinar a mensagem m:

- Não usado (por questões de desempenho)
- Bob "assina" m cifrando-a com a sua chave privada, criando assim uma mensagem assinada $K_B^-(m)$



Criptografia de Chave Pública

Requisitos:

1. *necessário um par de chaves tais que*

$$K_B^-(K_B^+(m)) = m$$

2. **deverá ser impossível obter a chave privada a partir da chave pública!**

RSA: Algoritmo Rivest, Shamir, Adleman

Criptografia de Chave Pública

A seguinte propriedade é muito útil:

$$K_B^-(K_B^+(m)) = m = K_B^+(K_B^-(m))$$

Usar a chave pública e depois a privada

Usar a chave privada e depois a pública

O resultado é o mesmo!

Integridade e Autenticação da Origem

Bob recebe uma mensagem da Alice, e quer garantir que:

- a mensagem veio originalmente da Alice
- a mensagem não foi alterada (mantém-se íntegra) desde que foi enviada pela Alice até ser lida

Função Sumariação (Hash)

Função de sumariação (Hash):

- **dada uma mensagem de entrada m, produz um sumário de tamanho fixo, H(m)**
  - Ex: *checksum* (soma de verificação)
- **é computacionalmente improvável encontrar duas mensagens diferentes x, y tais que H(x) = H(y)**
  - de igual modo: dado um m = H(x), (com x desconhecido), não se consegue determinar o x a partir do m.
  - Nota: isto não é verdade para o *cheksum!*

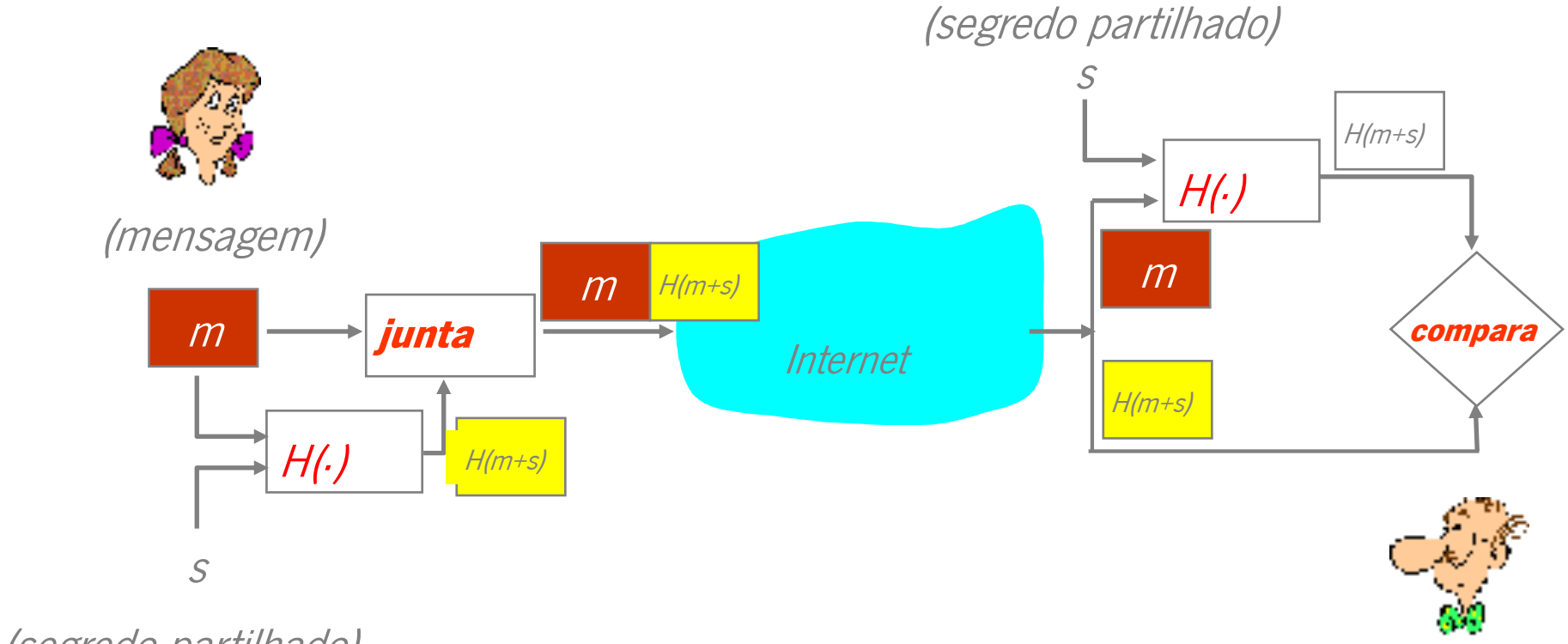
Algoritmos mais usados

- **MD5 – Message Digest**
  - Calcula sumários de 128 bits em 4 passos
  - ataques ao MD5 em 2005 mostram que já mão é adequado
- **SHA-1 – Secure Hash Algorithm**
  - Calcula sumários de 160 bits
  - Podem detectar-se colisões em 2^{51} tests
- **SHA-2**
- **SHA-3**

Integridade e Autenticação da Origem

MAC – Message Authentication Code

Envia o sumário da mensagem e do segredo juntos (m+s)



Assinatura digital

Integridade, autenticação de origem e não repúdio do originador

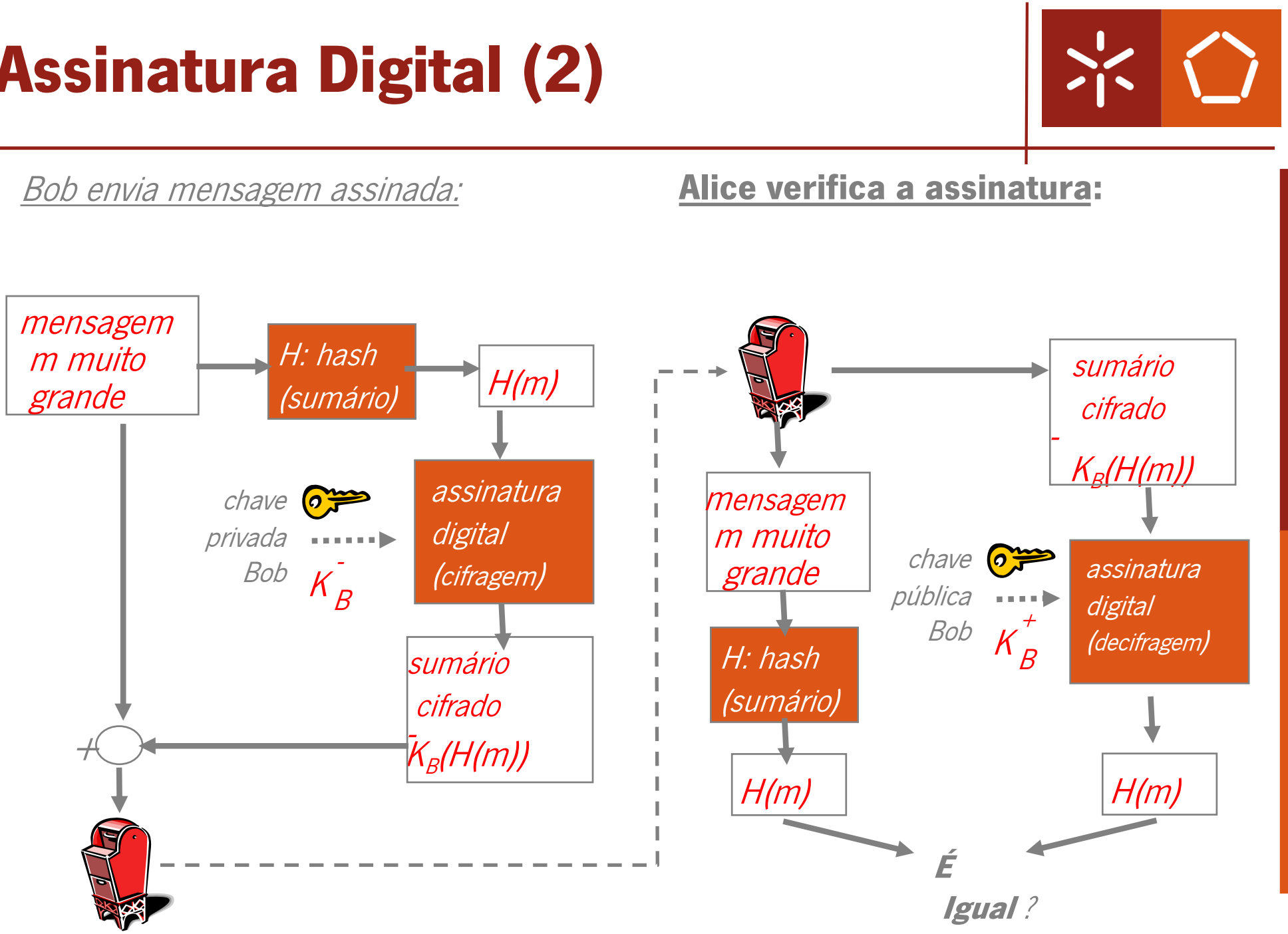
Uma técnica criptográfica muito semelhante à assinatura manual.

- o emissor (Bob) assina digitalmente o documento provando que é o dono/criador do mesmo (não pode negar mais tarde!)
- **verificável, não forjável:** o receptor (Alice) consegue provar a qualquer um que foi o Bob – e não poderia ter sido mais ninguém, nem mesmo a própria Alice – que assinou o documento ou mensagem

Assinatura Digital

- **Garantias**
  - Só o Bob pode ter assinado m, pois só ele conhece a sua chave privada
  - Mais ninguém poderia ter assinado m
  - A mensagem que foi assinada foi m e não um m' qualquer
  - Qualquer um pode verificar isso: basta pegar na chave pública de Bob e decifrar a assinatura
  - Garante ainda o não repúdio – mesmo em tribunal! – pois Bob não poderá negar ter usado a sua chave privada

Assinatura Digital (2)



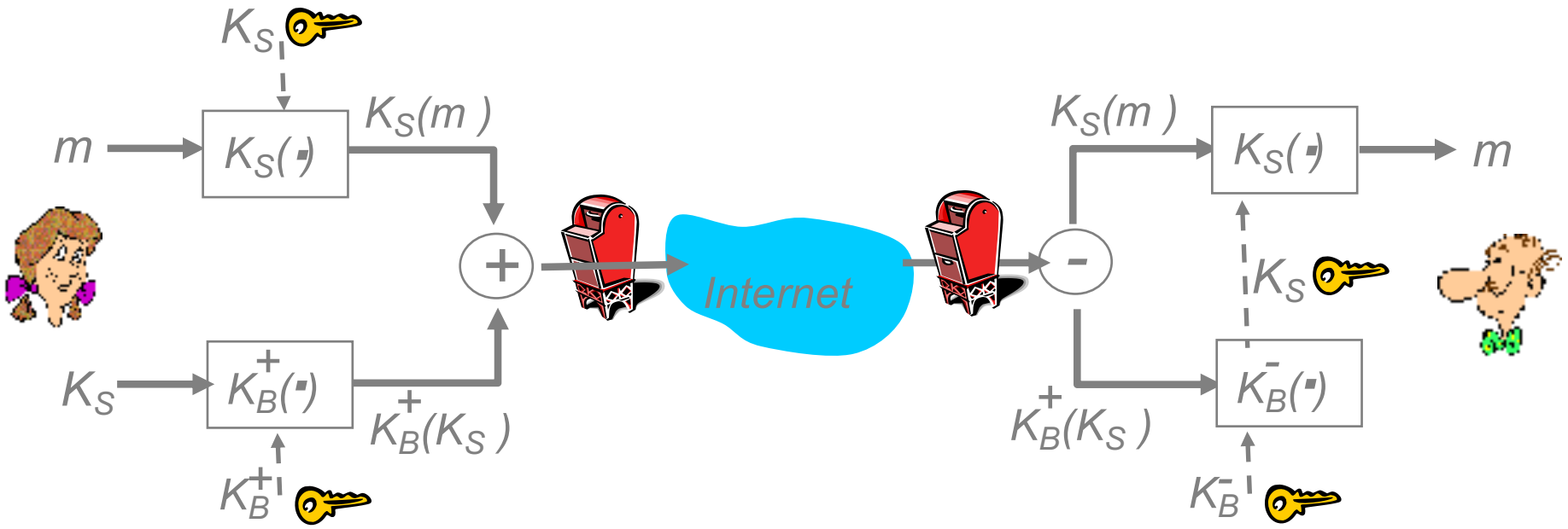
Questões

- **Usa criptografia de chave pública, que propriedades tem a seguinte comunicação:**
  - Mensagem cifrada com a chave pública do originador
  - Mensagem cifrada com a chave pública do destinatário
  - Mensagem cifrada com a chave privada do originador
  - Mensagem cifrada com a chave privada do destinatário

- **Comente a seguinte afirmação: ”A assinatura digital associa o assinante ao documento assinado, garantindo integridade e não repúdio.”**

Envelope Digital

Alice envia mensagem confidencial para Bob ("envelope digital" selado)



Alice:

- *Gera uma chave simétrica secreta, K_S*
- *Cifra mensagem com K_S (por questões de eficiência)*
- *Cifra também a chave simétrica secreta K_S com a chave pública de Bob*
- *Envia ambos: $K_S(m)$ e $K_B(K_S)$ para Bob*

Infra-estrutura de chaves públicas (PKI)

Problema Chaves Simétricas:

- Como é que duas entidades estabelecem um segredo (a chave secreta) usando apenas a rede?

Solução:

- Centro de distribuição de chaves que seja de confiança e actua como intermediário entre as entidades

Problema Chaves Públicas

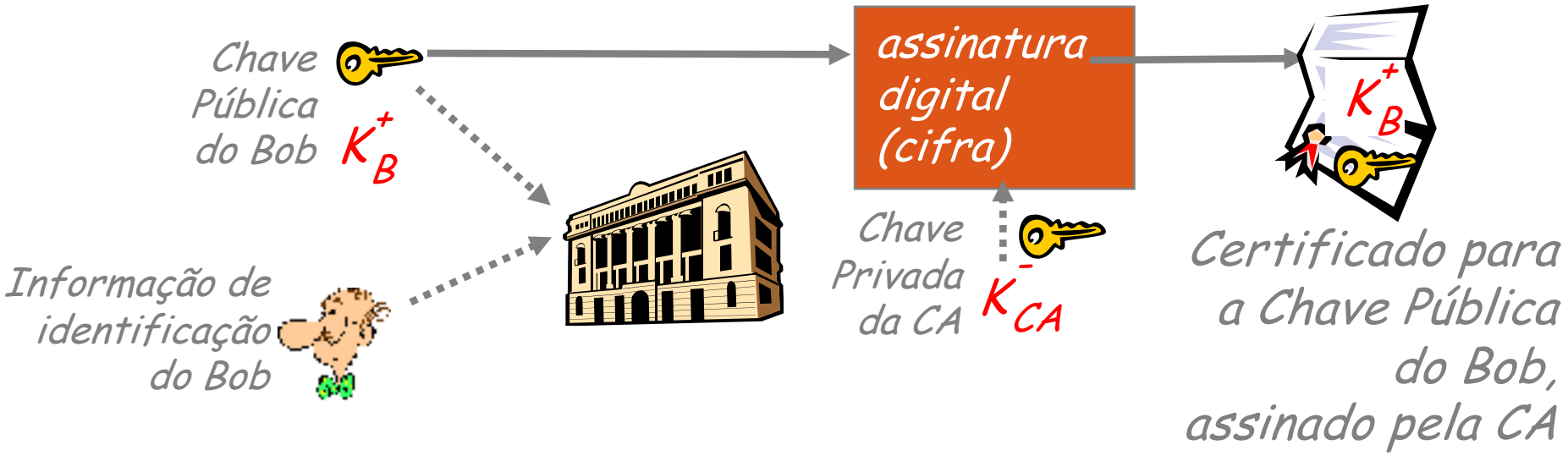
- Quando se obtém a chave pública da Alice ou do Bob na rede (e-mail, web, etc) como sabemos que são mesmo deles e não do intruso?

Solução:

- Autoridade de Certificação (CA) de confiança (*trusted certification authority*)

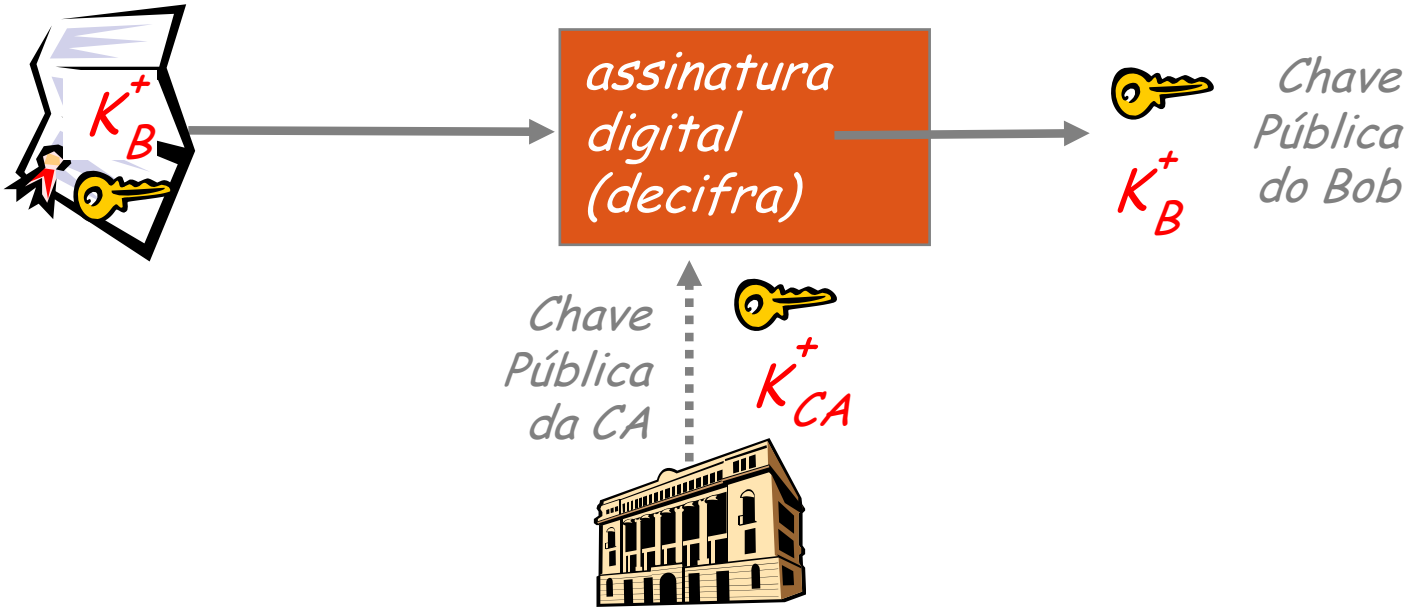
Autoridades de Certificação

- *Autoridade de Certificação (CA): associa a chave pública a uma determinada entidade, E*
- *E (pessoa, máquina,..) regista a sua chave pública na CA*
  - *E tem de fornecer uma provada de identidade a CA*
  - *CA cria um certificado digital associando E à sua chave pública*
  - *certificado contém a chave pública de E assinada digitalmente pela CA que assim assegura que "esta é a chave pública de E"*



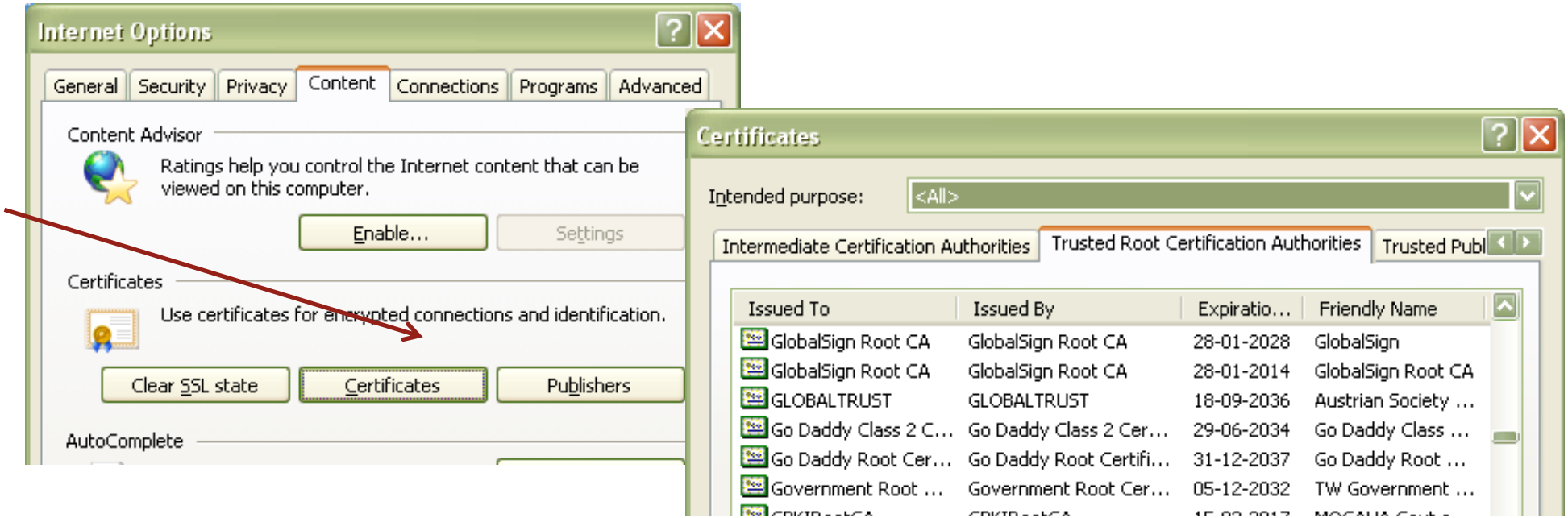
Autoridades de Certificação

- *Quando a Alice quer obter a chave pública do Bob:*
  - *obtem o certificado do Bob (dele mesmo ou doutros sítios).*
  - *aplica a chave pública da CA ao certificado para verificar a validade do certificado e extrair de lá a chave pública do Bob*



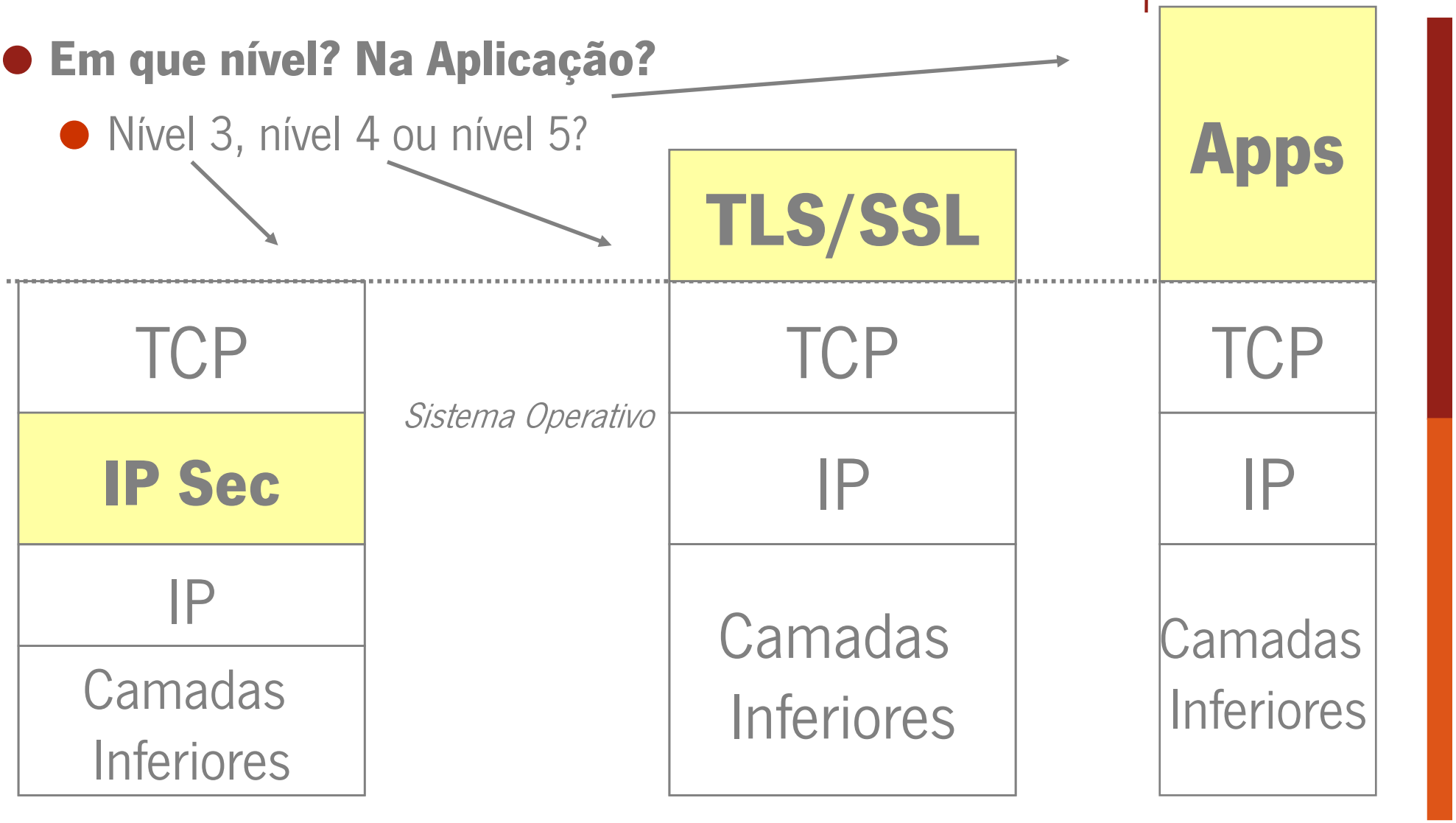
Autoridades de Certificação

- *Problema: como confiar no CA?*
  - *A mesma coisa?... mas?... problema!*
  - *Certificados de raíz (root certificates) instalados com as máquinas (Windows, Linux, ou seja lá o que for)*
    - *Esse é o momento decisivo para a criptografia de chave pública*



Segurança

- **Em que nível? Na Aplicação?**
  - Nível 3, nível 4 ou nível 5?



Segurança

- **Nível 4: Secure Sockets Layer (SSL)**
  - Segurança ao nível de transporte para qualquer aplicação TCP
  - Usado, por exemplo, no acesso a servidores HTTP, IMAP, SMTP
  - Serviços de segurança:
    - Autenticação do servidor e, opcionalmente, do cliente
    - Confidencialidade dos dados
  - **Autenticação do servidor**:
    - Cliente SSL conhece chaves públicas de autoridades de certificação de sua confiança (CA)
    - Obtem certificado do servidor emitido por uma CA sua conhecida
    - Extrai chave pública do certificado depois de verificada validade

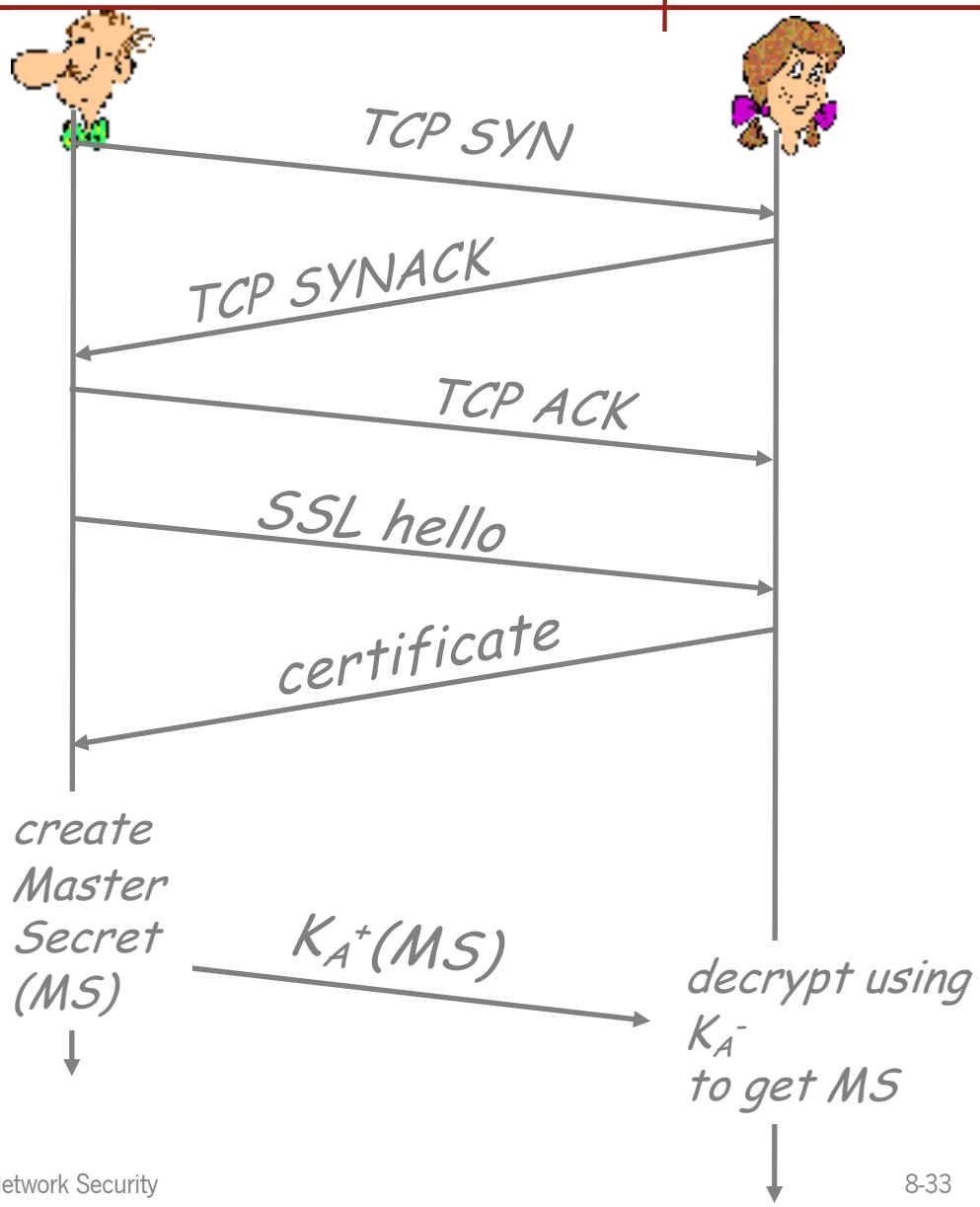
Segurança

- **Nível 4: Secure Sockets Layer (SSL)**
  - **Confidencialidade (cifragem dos dados da sessão)**
    - Cliente SSL gera chave de sessão, cifra-a com a chave pública do servidor e envia-a ao servidor
    - Servidor decifra a chave de sessão usando a sua chave privada
    - Ambos – cliente e servidor – na posse da chave de sessão, podem cifrar todos os dados trocados...
  - **Autenticação do cliente** pode ser feita com base em certificados do cliente
- **SSL serviu de base ao TLS (Transport Layer Security) do IETF**
  - As diferenças não são significativas, mas suficientes para impedir a interoperabilidade

Exemplo SSL: 3 fases

1. Handshake inicial:

- **Bob estabelece conexão TCP com Alice**
- **Autentica Alice usando o certificado assinado por uma CA**
- **Cria chave mestra, encripta-a (usando a chave pública da Alice), e envia-a à Alice**
  - Incompleto: a troca de um "nonce" não está ilustrada aqui!!



Exemplo SSL: 3 fases

2. Cálculo das chaves:

- **Alice e Bob usam a chave mestra (MS) para gerar 4 chaves:**
  - **E_B: Bob->Alice** chave de cifragem de dados
  - **E_A: Alice->Bob** chave de cifragem de dados
  - **M_B: Bob->Alice** chave MAC (*Message Authentication Code*)
  - **M_A: Alice->Bob** chave MAC (*Message Authentication Code*)
- **Os algoritmos (cifragem e MAC) são negociados entre a Alice e o Bob**
- **Porquê 4 chaves?**

Exemplo SSL: 3 fases

3. Transferência dados