



Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

Subcamada MAC⁽²⁾

O Método de Acesso CSMA/CD



Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Informática

CSMA/CD – CSMA with Collision Detection

- O CSMA/CD é a técnica de acesso ao meio mais comum em redes locais para as topologias em barramento e em estrela.
- A versão original do CSMA/CD foi desenvolvida pela Xerox, como parte do seu projeto de LAN Ethernet.

CSMA/CD – Algoritmo Básico

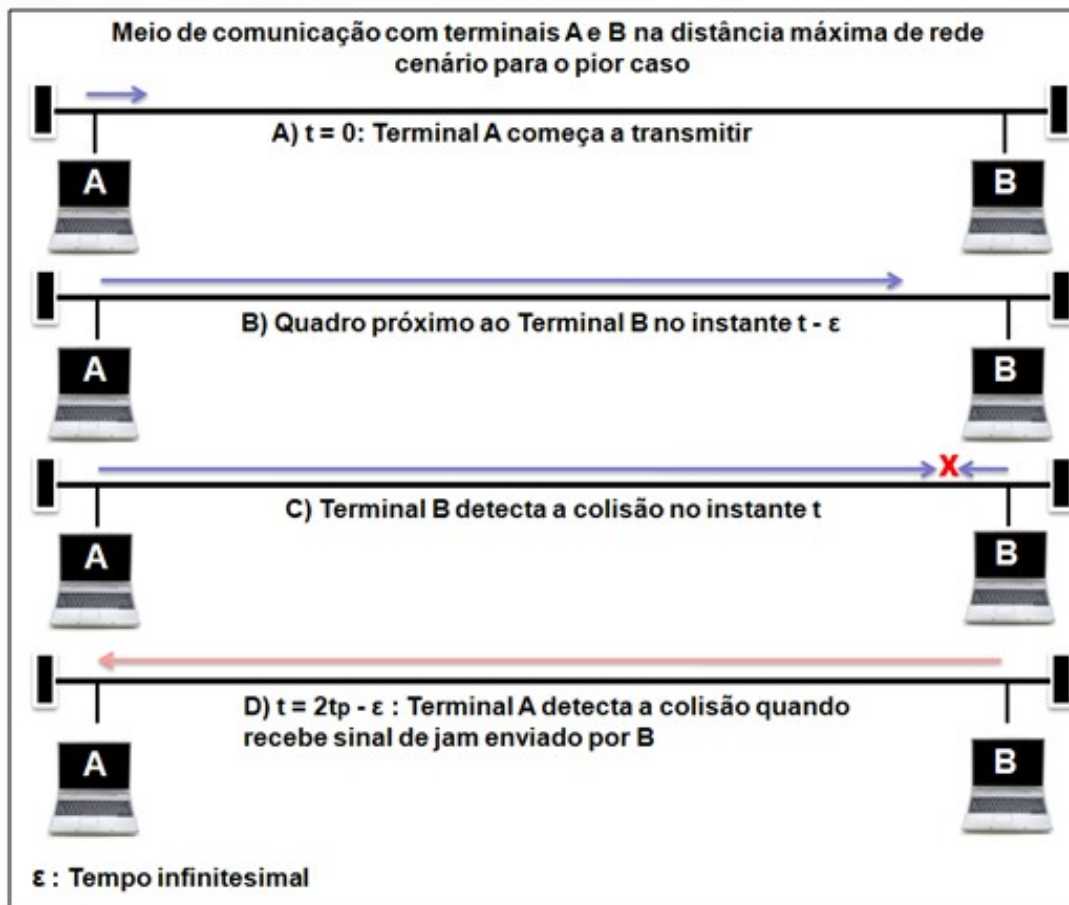
1. Se o meio estiver livre, transmita os dados; caso contrário, vá para o passo 2.
2. Se o meio estiver ocupado, continue a ouvir até que o canal esteja livre e, então, transmita imediatamente.
3. Se uma colisão for detectada durante a transmissão, transmita um pequeno sinal especial (*jam signal*) para garantir que todas as estações saibam da colisão e, então, pare de transmitir.
4. Após transmitir o *jam signal*, espere um tempo aleatório e tente transmitir os dados novamente (volte ao passo 1).

CSMA/CD – Tempo de Detecção da Colisão

- Com o CSMA/CD, a quantidade de capacidade do meio desperdiçada é reduzida ao tempo de detectar a colisão.
- Questão:
 - Qual é o valor desse tempo?

CSMA/CD – Slot Time (cont.)

Seja o seguinte exemplo:



CSMA/CD – Slot Time

Seja o seguinte exemplo:

- Nó A inicia a transmissão. Imediatamente antes do quadro chegar ao nó destino B , este está pronto para transmitir e, como ele ainda não está ciente da transmissão de A , B inicia a sua transmissão.
- Uma colisão ocorre quase que imediatamente. Ela é reconhecida por B , que cessa imediatamente a sua transmissão.
- Esta colisão deve se propagar de volta até o nó A para que este tome ciência da colisão.

CSMA/CD – Slot Time (cont.)

- Por essa linha de raciocínio, para que uma colisão possa ser detectada, o tempo de transmissão de um quadro não pode ser menor do que duas vezes o retardo de propagação fim-a-fim. Esse tempo é conhecido como *slot time* da rede.
- Em outras palavras, o *slot time* é definido como sendo duas vezes o tempo que um pulso eletrônico (OSI nível 1) leva para atravessar a distância máxima entre dois nós da rede.

CDMA/CD – Slot Time (cont.)

Velocidade Ethernet	Tempo de bit
10 Mbps	100 ns
100 Mbps	10 ns
1000 Mbps = 1 Gbps	1 ns
10,000 Mbps = 10 Gbps	.1 ns

Speed	Slot time*	Time Interval
10 Mbit/s	512 bit times	51.2 microseconds
100 Mbit/s	512 bit times	5.12 microseconds
1 Gbit/s	4096 bit times	4.096 microseconds
10 Gbit/s	Not applicable	Not applicable

- Nas redes Ethernet com taxa de transmissão de 10Mbps o tamanho mínimo dos frames foi fixado em 512 bits (64 bytes), o que corresponde a um tempo de transmissão de 51,2 microsegundos. Esse tamanho de quadro é uma decisão histórica e, na prática, impraticável a sua alteração.
- Obs: o *jam signal* tem tamanho 32 bits.

CSMA/CD – Tamanho Mínimo do Frame

- A norma IEEE define um pacote de tamanho fixo mínimo e de tamanho fixo máximo. O tamanho fixo mínimo de pacote possui 64 bytes (12 bytes de endereços, 2 bytes de tipo, 46 bytes de dados e 4 bytes de CRC).
- O tamanho fixo máximo possui 1518 bytes (a mesma informação de overhead para o pacote de tamanho mínimo, mas com um campo de dados de 1500 bytes).
- O pacote de tamanho fixo mínimo foi determinado com a finalidade de fornecer o melhor tempo de resposta em redes altamente usadas, minimizando o tempo que uma estação deve deferir a outras transmissões.
- Esse tamanho fixo de pacote também representa um importante papel na detecção de colisões e na determinação do tamanho máximo da rede.

CSMA/CD – Eficiência do Método

- A eficiência do método é aproximada por:

$$E = (1/(1+(3,4.Tprop.R/Tamframe))) \quad (1)$$

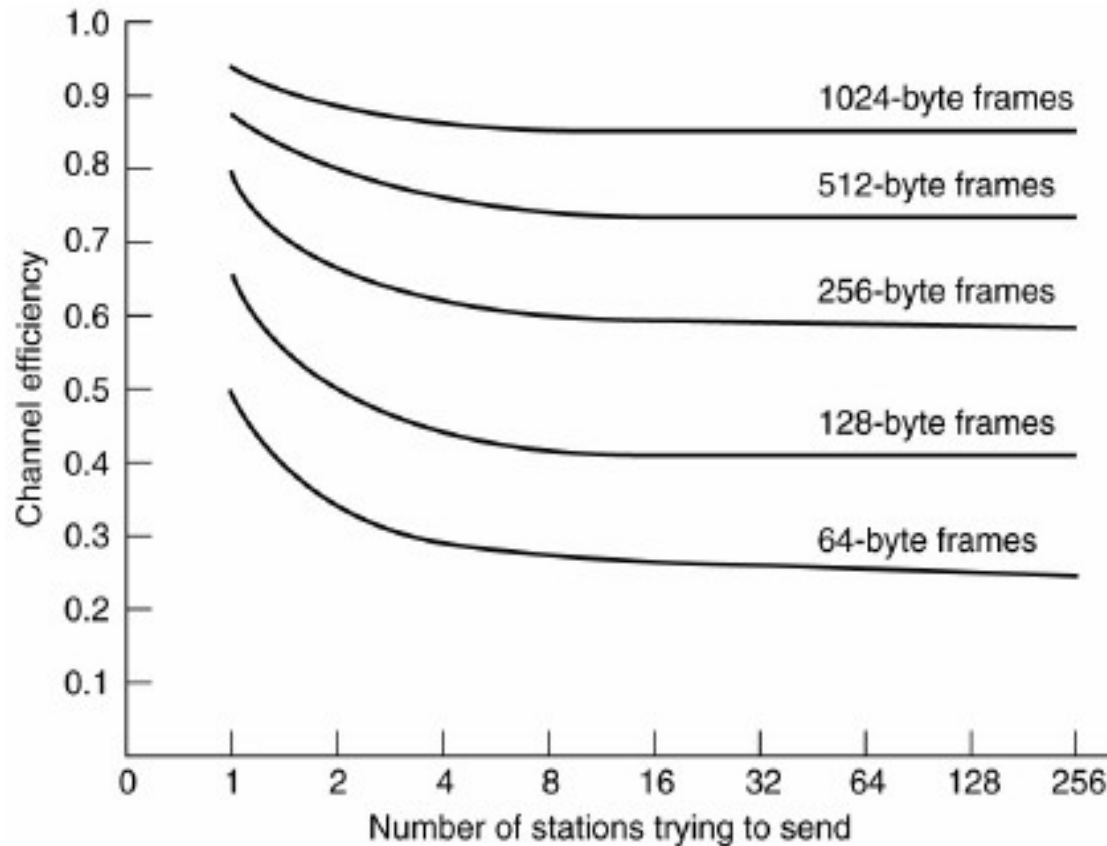
$$\text{Observação: } Tamframe = 2.Tprop.R \quad (2)$$

(R = taxa de dados, Tprop = tempo de propagação)

CSMA/CD – Eficiência do Método_(cont.)

- Algumas observações de (1) e (2):
 - Quanto maior a distância, maior o tempo de propagação, menor a eficiência, e maior o tamanho mínimo do quadro para a detecção de colisão.
 - Quanto maior a taxa de transmissão, maior deve ser o tamanho mínimo do quadro e menor será a eficiência, e quanto maior se queira a eficiência, maior deverá ser o tamanho do quadro.
- A distância máxima entre nós é limitada não só pelo meio e topologia, mas também pelo MAC.

Eficiência do Ethernet a 10 Mbps



CSMA/CD – Algoritmo de *Backoff*

- Como visto, detectada uma colisão, a estação espera um tempo para retransmitir.
- Duas técnicas de retransmissão são usadas:
 - Retransmissão ordenada (*orderly backoff*)
 - Espera aleatória exponencial truncada (*truncated exponential backoff*)

CSMA/CD – Algoritmo de *Backoff* (cont.)

- Na primeira técnica, as estações só podem começar a transmitir em intervalos de tempo a elas pré-allocados.
- Na segunda técnica, a estação ao detectar uma colisão espera por um tempo aleatório, que vai de zero até um limite superior.
- Este tempo é aumentado a cada colisão sucessiva. O tempo de retardo é calculado em unidades de *slot time*.
- De forma a evitar retardos muito altos, o incremento é detido em algum ponto.
- Se, após algumas retransmissões, as colisões ainda persistirem, a transmissão é finalmente abortada.

CSMA/CD - Espera Aleatória Exponencial Truncada (Binary Truncated Exponential Backoff Algorithm)

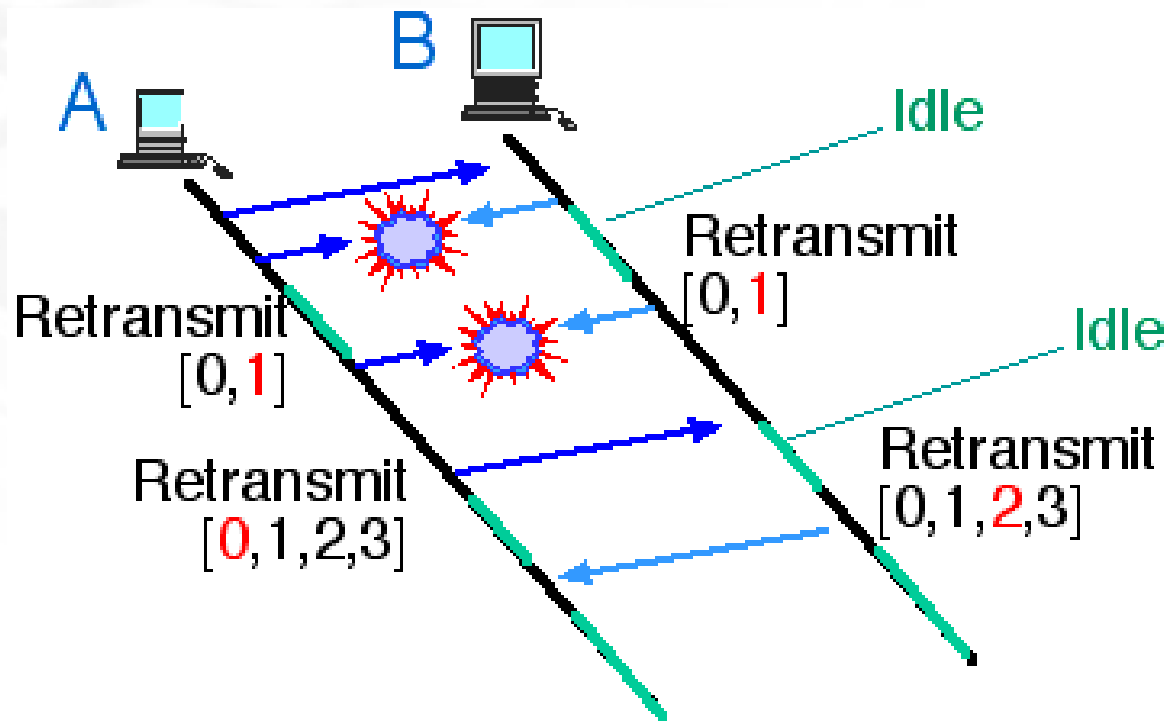
[Wikipedia]

- Após c colisões, um número aleatório de slot times entre 0 e $2^c - 1$ é escolhido. Para a primeira colisão ($c = 1$), cada nó “que colidiu” (nó transmissor) esperará ou 0 ou 1 *slot time*. Após a segunda colisão ($c = 2$), eles esperarão entre 0 e 3 *slot times* ($2^2 - 1 = 3$). Após a terceira colisão, os transmissores vão esperar entre 0 e 7 slot times, e assim por diante.
- À medida que o número de tentativas de retransmissão é incrementado, o número de possibilidades de espera aumenta exponencialmente.
- O termo “*truncated*” significa que após um certo número de incrementos, a exponenciação é finalizada, isto é, o *timeout* de retransmissão chega a um teto (limite) e não é mais incrementado. Por exemplo, se $i = 10$, como é o caso do padrão IEEE 802.3 CSMA/CD, então o retardo máximo é de $2^{10} - 1 = 1023$ *slot times*.
- Devido ao fato de que esses retardos permitem que outras estações transmitam, há uma possibilidade, em uma rede carregada, que muitos nós possam ser pegos em um único conjunto de colisão. Devido a essa possibilidade, após 16 tentativas de retransmissão, o processo é abortado.

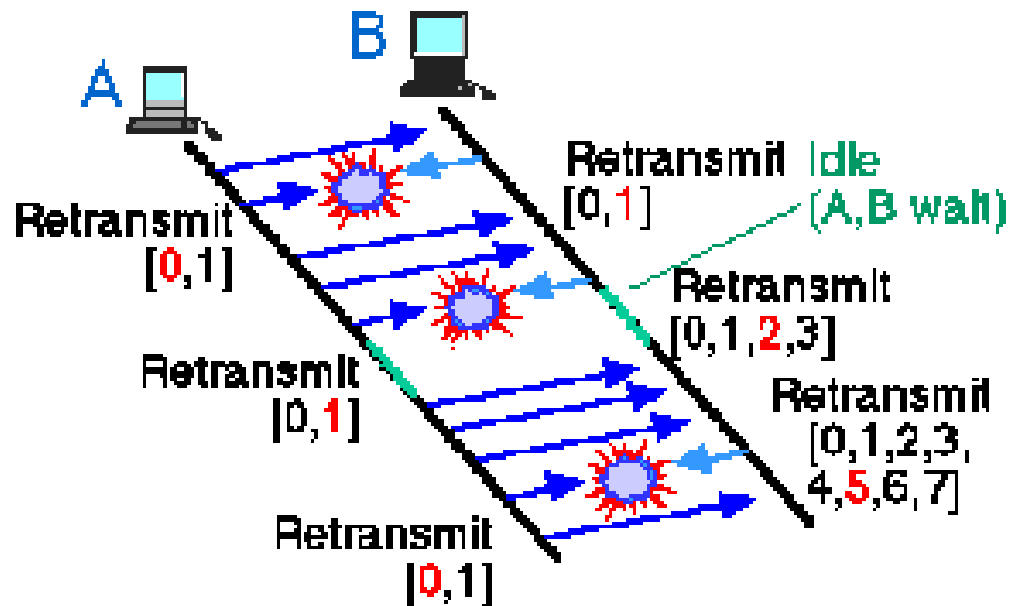
CSMA/CD - Espera Aleatória Exponencial Truncada (Binary Truncated Exponential Backoff Algorithm) (cont.)

- [Wikipedia: um exemplo]
(supor um slot time de $51.2\mu\text{s}$)
 1. Quando ocorrer a primeira colisão, envie um “*jamming signal*” para prevenir que mais dados sejam enviados (obs: jam signal = 32 bits).
 2. Retransmita o frame após 0 segundos ou $51.2\mu\text{s}$, escolhido randomicamente.
 3. Se houver falha (nova colisão), retransmita o frame após 0s, ou $51.2\mu\text{s}$, ou $102.4\mu\text{s}$, ou $153.6\mu\text{s}$.
 4. Se isso ainda não funcionar, retransmita o frame após $k \cdot 51.2\mu\text{s}$, onde k é um número randômico entre 0 e $2^3 - 1$.
 5. Depois de uma *c-ésima* tentativa (falha), retransmita o frame após $k \cdot 51.2\mu\text{s}$, where k é um número randômico entre 0 e $2^c - 1$.

CSMA/CD - Espera Aleatória Exponencial Truncada (cont.)



CSMA/CD – Problema: “Ethernet Capture”



http://en.wikipedia.org/wiki/Channel_capture_effect

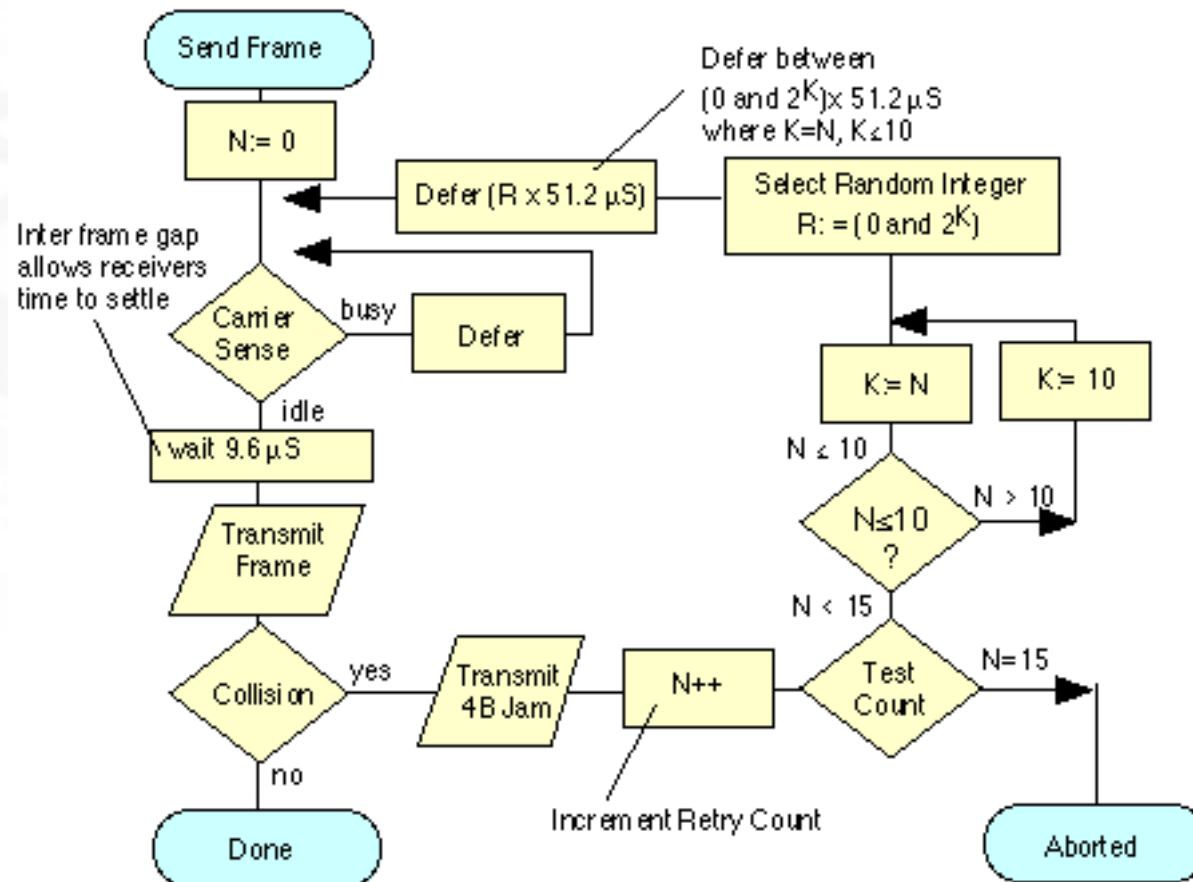
CSMA/CD – Espaçamento entre Frames (IFG, IPG)

- Depois de um quadro ter sido transmitido, todos os nós da rede devem esperar um tempo mínimo de 96 tempos de bit antes que se possa transmitir outro quadro. Este tempo recebe o nome de *Interframe gap* (IFG), *interframe spacing* ou *interpacket gap* (IPG).
- O IFG permite “diferenciar” um quadro Ethernet do próximo a ser enviado pela adição compulsória de um *overhead* na forma de um período “quieto” ao final do quadro.
- O IFG é um breve tempo de recuperação entre *frames* que permite aos nós se prepararem para a recepção do próximo *frame*.
- Além de garantir a existência de um período “quieto” entre quadros a fim de permitir a identificação do próximo quadro, permite a compensação dos componentes eletrônicos da rede.

CSMA/CD – Espaçamento entre Frames (IFG, IPG)

Velocidade	Espaçamento Entre Quadros	Tempo necessário
10 Mbps	96 bit-times	9.6 μ s
100 Mbps	96 bit-times	0.96 μ s
1 Gbps	96 bit-times	0.096 μ s
10 Gbps	96 bit-times	0.0096 μ s

CSMA/CD – Algoritmo Detalhado



CSMA/CD 1-persistente

- Assim como o CSMA, o CSMA/CD emprega um dos três algoritmos de persistência.
- O mais comum é o 1-persistente (Ethernet e IEEE 802.3). Nesse caso, o desperdício de tempo de espera aleatório é eliminado ao custo do desperdício do tempo de colisão.
- Felizmente, o desperdício devido ao tempo de colisão é muito pequeno (obviamente, se os quadros forem grandes comparados ao tempo de propagação (isto é, $a \ll 1$)).

CSMA/CD – Colisão em Redes UTP

- No caso de redes UTP (ex:10BASE-T) a detecção de colisão é muito mais simples e é baseada numa lógica e não no monitoramento de níveis de voltagem.
- Para qualquer *hub*, se existe atividade (sinal) em mais de uma entrada então uma colisão é assumida.
- Um sinal especial (*collision presence*) é gerado e enviado às outras portas enquanto a situação de colisão persistir. Esse sinal é interpretado pelos outros nós como uma ocorrência de colisão.

CSMA/CD – Considerações Finais

- Para baixas cargas, o CSMA/CD pode chegar a uma utilização de até 98%.
- Para grandes volumes de tráfego, o método exibe uma certa instabilidade.
- Retardo de transferência máximo também não pode ser garantido pelo método.
- CSMA/CD com espera aleatório exponencial truncada tornou-se um padrão internacional.