

1. Justifique todas as respostas.
2. Responda às perguntas 1 e 2 numa folha e às restantes noutra.

1 [3v] - Sobre sistemas distribuídos:

1.1- Identifique e comente a diferença entre **Multiprocessador** e **Sistema Distribuído**

1.2- Refira, justificando, algumas **propriedades dos canais de comunicação** que são relevantes para os sistemas distribuídos.

1.3- Diga sucintamente o que entende por **disseminação epidémica** e dê um exemplo de uma técnica baseada nesse princípio.

2 [7v] - Um sistema de vigilância móvel usa quatro drones que comunicam entre si com WiFi, em modo ad-hoc e multi-hop. A topologia é em linha, sendo o drone da frente munido de uma câmara (sensor) e os restantes três fazendo reencaminhamento (relays) para um nodo no lado oposto da linha designado por Estação Base (EB). Os vários drones recebem comandos de movimento da EB e esta recebe um stream de vídeo online do drone sensor. As ligações são não-fiáveis, apresentando perdas frequentes.

2.1- Os comandos de movimento são enviados com uma semântica de estado, ou seja, são mensagens periódicas que indicam a velocidade vetorial que cada drone deve aplicar. Indique, justificando, qual o **protocolo de transporte mais adequado**, TCP/IP ou UDP/IP, para as comunicações entre a EB e cada um dos drones.

2.2- Na sequência da alínea anterior indique, justificando, qual o **paradigma de interação mais adequado**, se Cliente-Servidor ou Publicador-Subscritor.

2.3- Na topologia em linha, cada ligação tem um atraso de rede que varia entre 0,5ms e 5ms e cada drone repetidor (relay) tem um atraso de reencaminhamento entre 1ms e 2ms. Caracterize o **atraso total** desde que um pacote é enviado pela EB até que é recebido pelo drone sensor.

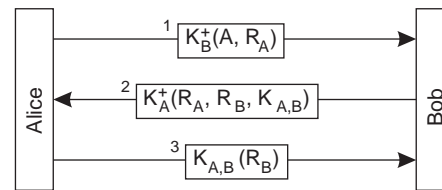
2.4- A EB contém um servidor de tempo, e.g., do protocolo NTP, usado para sincronizar os relógios dos drones. Considerando que esses relógios não têm drift, qual a **melhor precisão que se pode garantir** em cada drone? E será necessário fazer resincronização periódica?

2.5- Para diminuir a interferência mútua entre os drones, as transmissões são organizadas em slots consecutivas de forma semelhante a TDMA. Contudo, em vez de se usar um relógio global para determinar o início de cada slot, os drones usam as transmissões uns dos outros para manter a respetiva ordem no ciclo TDMA. Em cada drone é possível implementar um relógio global com base na contagem das slots. Esse relógio é **físico** ou **lógico**? Justifique.

2.6- A rede TDMA em linha é uma rede overlay, implementada sobre WiFi com MAC do tipo CSMA/CA. Tendo em conta as características da rede referidas na alínea 2.3, indique, justificando, a **duração mínima das slots** que permite **garantir ausência** de interferência mútua. Discuta se, relaxando esta garantia, ou seja, usando uma abordagem estocástica ao atraso da rede, **seria** aumentar a eficiência do protocolo fazendo mais transmissões por slot.

3 [3v]- Considere o protocolo criptográfico representado na figura abaixo.

3.1- Diga para que serve, explicando o propósito de cada uma das mensagens representadas.



3.2- Tipicamente um canal de comunicação seguro garante pelo menos uma de 3 propriedades. Admitindo que destas se pode dispensar a confidencialidade, seria possível simplificar este protocolo? Justifique.

4 [1v]- Enumere 2 métricas para caracterizar um sistema tolerante a falhas. Dê um exemplo que ilustre que estas métricas são independentes. I.e que um sistema A pode ser mais tolerante a falhas do que o sistema B, usando uma destas métricas, mas ser menos tolerante a falhas usando a outra. Justifique.

Dica: Use uma figura para o ajudar na explicação.

5 [1v]- Considere o algoritmo do **convite (invitation)** para a eleição de *leader*.

Assuma um estado em que há 2 grupos no sistema cujos membros são os processos (cujos identificadores são) $\{3, 4\}$ e $\{2, 5\}$. Ilustre a execução **mais simples possível** desse algoritmo, **usando um diagrama temporal**, assumindo que o processo 4, *leader* do primeiro grupo, descobriu que o processo 2 é o *leader* do segundo grupo. Explique as ações de cada um dos processos.

6 [2v]- Considere uma execução do algoritmo *two-phase commit* em que todos os participantes votam *commit* na primeira fase e em que o coordenador falha, de modo que nenhum dos participantes recebe qualquer mensagem da segunda fase.

Se os participantes conseguirem entrar em contacto uns com os outros, podem decidir? Em caso afirmativo, diga justificando qual deverá ser a decisão. Em caso negativo, explique porquê.

7 [3v]- Considere a implementação de *State Machine Replication* com Paxos.

7.1- Assuma que se usa uma "janela" de 4 operações (em relação à primeira operação ainda pendente). Explique como o *leader* deverá proceder quando recebe "simultaneamente" 3 pedidos de clientes, e tomou conhecimento da aceitação de todos os pedidos anteriores, excepto os 2 imediatamente anteriores.

7.2- Assuma que é eleito um novo *leader* após a falha do *leader* "anterior". Considere a seguinte afirmação:

O novo leader pode não ter que executar uma nova instância de Paxos para cada uma das operações cuja decisão desconhece.

Diga, justificando, se é verdadeira ou falsa.