

### (Slide 1)

Olá, o meu nome é João Torrinhas, sou aluno do Mestrado em Engenharia de Computadores e Telemática e estou entusiasmado em apresentar o tema e o trabalho que irá ser abordado na minha dissertação, intitulada como "Vehicle-to-Vehicle and Vehicle-to-Infrastructure Communication Protocols for Trains in Ports Environments," no contexto do projeto Smart Port na agenda Nexus.

### (Slide 2)

Os portos são um fator importante no comércio internacional, agindo como canais vitais para a circulação de mercadorias em todo o mundo. Para além da sua função tradicional como pontos de entrada e saída de navios, os portos são centros dinâmicos que influenciam significativamente o crescimento económico mundial.

### (Slide 3)

Posto isto, surge a necessidade de melhorar a eficiência, segurança e logística no ambiente portuário para trazer uma série de benefícios e capacidades inovadores no mercado mundial. A integração de tecnologias inteligentes entre comboios em ambientes portuários permite, de facto, o melhoramento da eficiência, da segurança e da logística no ambiente portuário.

### (Slide 4)

Seguindo este tópico, os objetivos desta dissertação passam por desenvolver protocolos de comunicação vehicle-to-vehicle e vehicle-to-infrastructure que permitam conectar informação dos sensores dos diferentes comboios, por exemplo, sensores de vídeo para aproximação à área portuária, e conectar informação relativamente às mercadorias em cada comboio aproveitando as tecnologias de comunicação móvel existentes (5G) integradas com ITS-G5 e C-V2X para comunicação veicular.

### (Slide 5)

Dado que os portos apresentam um ambiente hostil e de alta mobilidade caracterizado por frequentes mudanças surge a necessidade de usar todas as tecnologias de comunicação disponíveis, tais como 5G, Wifi e ITS-G5. A coexistência das mesmas permitirá tirar o melhor partido das redes e tecnologias disponíveis para utilizar as mais adequadas, ou várias em simultâneo, para enviar dados tendo em conta as condições do ambiente atual evitando congestionamento e outros tipos de problemas. Posto isto, procurei por exemplos de tecnologias e técnicas existentes que permitissem esta abordagem:

**MP-TCP:** O Multipath Transport Control Protocol (MPTCP) permite o uso simultâneo de diversos caminhos que podem existir entre um remetente e um receptor, isto é, permite que uma conexão TCP use vários caminhos para maximizar o rendimento e aumentar a redundância. Na arquitetura MPTCP, a camada de transporte é dividida em duas subcamadas: a subcamada MPTCP que fornece a ordenação dos dados da aplicação, a confiabilidade, o controle de congestionamento e o gerenciamento de caminhos (detetando vários caminhos) e a subcamada de subfluxo que opera de forma semelhante ao standard TCP, garantindo entrega confiável de dados.

**MP-DCCP:** MP-DCCP é um protocolo para fornecer transport multipath para serviços sensíveis à latência e/ou serviços com nenhuma ou menor demanda de entrega confiável e reordenamento ajustável opcional. Foi projetada para aprimorar os recursos de comunicação do DCCP, permitindo o uso

simultâneo de vários caminhos de rede para transmissão de dados. O DCCP é um protocolo que fornece comunicação confiável e orientada a conexões com controle de congestionamento.

**SDN:** Software-Defined Networking (SDN) é uma arquitetura de rede que separa o control plane, que controla como os pacotes são encaminhados, do data plane que realmente encaminha os dados, fornecendo controle centralizado e programabilidade. O SDN permite o uso simultâneo de vários caminhos de rede, como 5G, ITS-G5, Wi-fi, e permite que o controlador SDN escolha dinamicamente o caminho ideal com base nas condições em tempo real otimizando a performance de rede. e evitando congestionamentos.

**ATSSS:** Dá a possibilidade ao user equipment (UE) conectado a uma rede 5G usando um 3GPP link e um non-3GPP para aceder a serviços 5G usando ambos os links simultaneamente. O ATSSS pode melhorar a experiência do utilizador, maximizando o rendimento e melhorando a resiliência a falhas de rede, enviando dados usando os dois links (um 3GPP e um non-3GPP link) ao mesmo tempo ou selecionando o melhor link para transmitir. Atualmente anda a ser analisado pelos operadores para eles próprios poderem ter celular e WiFi em simultâneo.

O artigo (Performance Evaluation of Multi-Access Based on ATSSS Rules) revela que a tecnologia multiacesso pode melhorar significativamente o rendimento médio dos utilizadores e o load balancing da rede.

#### (Slide 6)

No seguimento do tópico anterior, atualmente estou a estudar a possibilidade de usar o protocolo MP-DCCP nesta dissertação tendo já efetuado um conjunto de testes para diversas situações. Inicialmente, os testes foram feitos neste simples cenário onde vão ser estabelecidas sessões multipath entre os dois hosts (client-server).

#### (Slide 7)

Explicar os gráficos de forma resumida.

Vou apresentar um exemplo do teste referente à quantidade de dados transferidos em TCP gerados durante 30 segundos através do comando iperf.

Para cada gráfico existe 4 situações diferentes para cada um dos schedulers: Interfaces normais, delay de 50ms na interface eth1, packet loss de 20% na eth0 e “both” significa que a interface eth1 tem delay e a eth0 tem packet loss.

Tal como se pode ver no gráfico da direita para o scheduler Default que escolhe o primeiro caminho disponível, ou seja, a interface eth1, a quantidade de dados transferidos na situação normal é superior à situação de delay pois a de delay tem 50ms de delay na interface eth1 daí ter quantidades inferiores. Por isso tem de se ter cuidado em selecionar o scheduler tendo em conta as condições atuais do ambiente.

#### **(Slide 8)**

Atualmente, foi criado este novo cenário para simular o use case desta dissertação onde existe uma OBU integrada no comboio, uma RSU e um Endpoint e num futuro próximo irão ser realizados testes à semelhança do outro cenário. Entre a OBU e a RSU existem dois links: um ITS-G5 e outro Wi-Fi, a RSU e o Endpoint são conectados por uma conexão ethernet.

#### **(Slide 9)**

Em relação à comunicação entre comboios e entre comboios e infraestrutura está a ser estudada a possibilidade de usar o conceito de Vehicular Ad-Hoc Networks (VANET), que é uma opção forte para ser usada nesta dissertação, que é um tipo de rede ad hoc que permite a comunicação entre veículos (vehicle-to-vehicle), entre veículos e infraestrutura (Vehicle-to-infrastructure) e entre veículos e o ambiente ao redor deles (Vehicle-to-everything). VANETS permitem troca de diversa informação tais como a posição e velocidade dos veículos através de mensagens CAM, potenciais riscos na estrada/infraestrutura ferroviária através de mensagens DENMs, troca de informações de perceção, como dados de vídeo e sensores, através de mensagens CPM, e outro tipo de informação crucial para a segurança rodoviária.

Outra alternativa a ser considerada é a do ex-aluno de mestrado Tiago Lima, que implementou um sistema de comunicação entre comboios composto por vários End Nodes, Gateways e por uma Master Gateway. Os end-nodes enviam os dados recolhidos pelos sensores para respetiva gateway situada na mesma carruagem, através de duas tecnologias BLE ou Wi-fi, e, em seguida, os dados recebidos em cada gateway são encaminhados, através de LoRa 2.4GHz, para a master gateway onde são enviados finalmente para a cloud.

#### **(Slide 10)**

Concluindo, acredito que os esforços investidos nesta dissertação contribuirão significativamente para aumentar a eficiência, reforçar as medidas de segurança, otimizar a integração da logística em ambientes portuários e até potencialmente promover o crescimento económico global.

