

19ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

Tema do Trabalho

Projeto de Sistemas

Título do Trabalho

Integração de Sistemas – Filosofia e concepção de projeto UTO para os Monotrilhos

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

A tomada de decisão de negócio para aplicar a filosofia Unattended Train Operation (UTO) no transporte metroferroviário possui três importantes objetivos: incrementar a capacidade de transporte; reduzir a atuação de operadores, garantindo uma padronização de operação; economizar e otimizar o uso da energia elétrica; ou a combinação das três razões. O nível de automação UTO utilizada no setor de transporte metroferroviário possui uma relação estreita entre os Sistemas de Sinalização e Controle e o Sistema de Telecomunicações e Redes de Comunicação de uma Linha para que todos os seus requisitos de projeto e operação possam ser plenamente atendidos. Falhas podem ocorrer nos sistemas com a filosofia UTO em tempo de operação, e a análise de cenários operacionais – OSHA (“*Operational Safety Hazard Analysis*”) é um instrumento vital para a garantia da segurança (SAFETY and SECURITY) de um sistema de transporte metroferroviário.

Os cenários operacionais OSHA são utilizados na CMSP como a base para determinar os procedimentos de mitigação dos riscos, os quais dependem de processos pré-programados nos sistemas com filosofia operacional UTO, procedimentos baseados em interação humana e outros procedimentos baseados em mecanismos de diversos tipos. Tanto procedimentos quanto mecanismos formam uma cadeia e eventos que levam de um cenário de risco a um cenário seguro, desde que todos os elementos apresentem o comportamento esperado.

A integração de sistemas num grau de automação UTO é fundamental para garantir a supervisão e o controle à distância (remota) dos trens durante a operação comercial, além disso recursos remotos e automáticos entre os sistemas são necessários para controlar e informar as ocorrências on line aos usuários no interior dos trens. A interdependência entre os sistemas de sinalização e controle com os sistemas de apoio a operação UTO são preponderantes para garantir a prestação de serviço em UTO.

RELEVÂNCIA

Por se tratar de uma filosofia operacional com elevado índice de automação, há a necessidade de garantir que todos os elementos envolvidos apresentem o funcionamento adequado. A filosofia operacional UTO possui necessariamente uma maior dependência dos sistemas de telecomunicações e de sinalização em relação aos sistemas que atuam nas filosofias: TOS – Operador com sinalização lateral; NTO – Operador de trem sem função automática; STO – Operador do trem com funções semi-automáticas e DTO – Operador no interior do trem apenas para recuperação de falhas, operação do trem é automática. O desenvolvimento de uma análise de risco e perigos, cenários operacionais e a análise interativa dos procedimentos de mitigação também depende de um conjunto maior de mecanismos envolvendo, dentre outros, elementos de telecomunicações. Portanto a relevância de um estudo que identifique as inter-relações de elementos de diversos sistemas, pois há a necessidade da confiabilidade e disponibilidade dos sistemas de apoio à operação UTO serem dimensionadas de forma a garantir que o papel do Operador de Trem ou Atendente à Bordo seja plenamente substituído pelas ações remotas do Operador do CCO num determinado trem, num determinado cenário degradado.

Este trabalho apresenta um processo de análise sobre os mecanismos que integram os procedimentos de mitigação e analisa a relevância de cada tipo de mecanismo e procedimentos para o tratamento dos cenários OSHA num contexto de filosofia operacional UTO.

DESCRIÇÃO

Este trabalho analisa, do ponto de vista de engenharia de sistemas e através da utilização de conceitos de redes complexas, a inter-relação entre os sistemas citados nos cenários de operação e falha presentes na CMSP para filosofia UTO.

A análise foi realizada classificando cada passo do processo de mitigação nas seguintes categorias:

- Mecanismos via procedimento humano: procedimentos que dependem essencialmente de um ou um conjunto de profissionais para a realização do procedimento;
- Mecanismos ou elementos relacionados ao sistema de telecomunicações: elemento eletrônico (ou mecanismo) acionado automaticamente quando da ocorrência um procedimento de mitigação. Este elemento pertence a um sistema de telecomunicações.
- Mecanismos ou elementos relacionados ao sistema UTO: elemento eletrônico (ou mecanismo) acionado automaticamente quando da ocorrência um procedimento de mitigação. Este elemento pode pertencer a qualquer sistema que compõem o UTO que não pertença a um sistema de telecomunicações.

A primeira parte da análise consiste em avaliar a frequência com que um determinado elemento ou mecanismo ocorre, de acordo com um conjunto de critérios. Desta forma, um conjunto de estudos pode ser feito identificando os elementos com ocorrência, os sistemas mais utilizados em procedimentos de mitigação, dentre outros.

A segunda parte da análise consiste em se utilizar a teoria dos grafos e conceitos de redes complexas para identificar as inter-relações entre os elementos presentes nos procedimentos de mitigação. Com base nesta análise pode se identificar o tipo de comportamento do conjunto dos sistemas envolvidos (livre de escala, mundo pequeno, dentre outros); e com esta identificação se pode discutir comportamentos e características dos sistemas trabalhando de forma integrada. O resultado desta análise é a discussão de níveis de segurança dos elementos com maior inter-relação e se a indisponibilidade de um destes elementos pode ser o causador da mudança do grau de automação de UTO para DTO, STO, NTO ou TOS.

RESULTADOS

Os resultados da análise indicam a relevância e interdependência dos mecanismos e procedimentos, indicando quais apresentam maior impacto em caso de comportamento não esperado. O gráfico 1 indica a frequência de procedimentos de mitigação nos cenários de risco analisados. Nota-se que os procedimentos com maior frequência estão relacionados diretamente com sistemas de telecomunicações, notadamente câmeras, áudio (PA) e envio de mensagens a pessoal de campo.

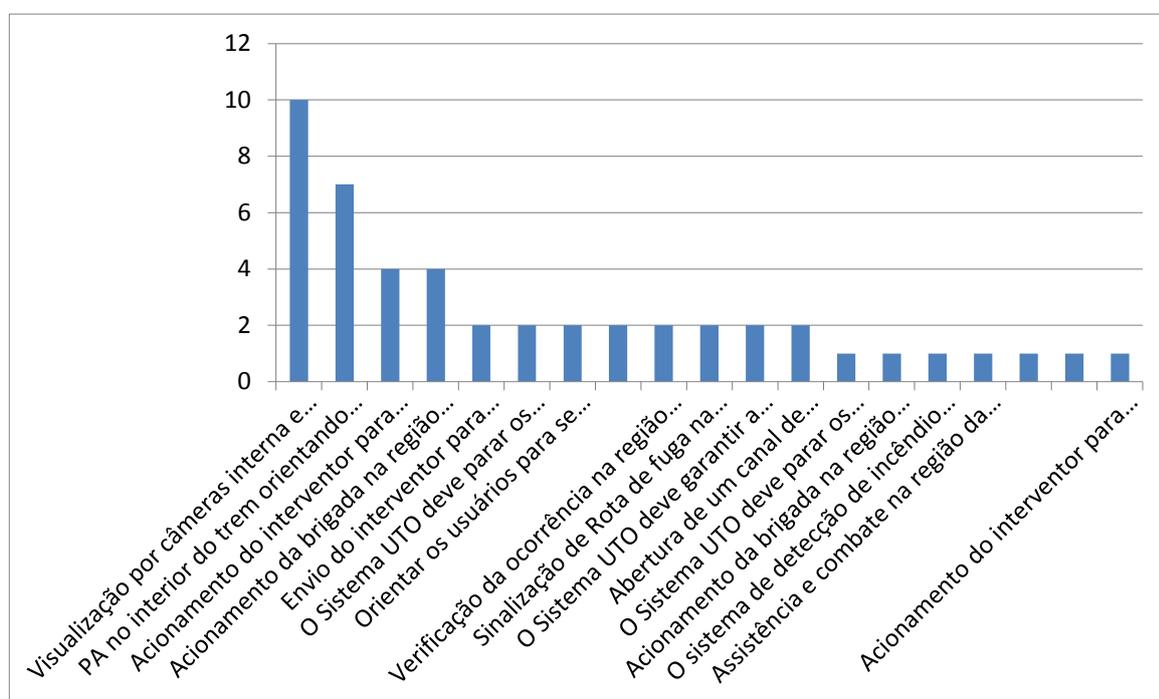


Gráfico 1 – Frequência dos procedimentos de mitigação em cenários de risco

O grafo da figura 1 é resultado de uma análise baseada nos conceitos de redes complexas como ferramenta para identificar correlação entre os procedimentos de mitigação. Os traços mais espessos do grafo indicam uma correlação maior entre os elementos, denominados nós.

Como pode ser observado, tem-se que os dois nós com maior correlação (sistema de câmeras e PA) estão fortemente relacionados a telecomunicações; e todos os demais nós estão conectados e estes dois. Os nós diretamente relacionados a UTO também tem forte correlação

com os demais elementos; embora estas correlações apresentem menor intensidade. Isto demonstra que para a adequada operação de um sistema UTO há elementos que, embora não sejam considerados sistemas para missões críticas, causam severo impacto na forma de operação do sistema UTO. O grafo também indica que o componente humano está bastante relacionado tanto com sistema UTO quanto com os mecanismos de telecomunicações, pois em um grande número de nós dependem diretamente da presença humana, independentemente do estado dos nós dos sistemas citados. Os nós que representam essencialmente o sistema UTO são bastante relacionados com todos os demais nós do grafo, dada a capilaridade que apresentam (conexão com outros nós).

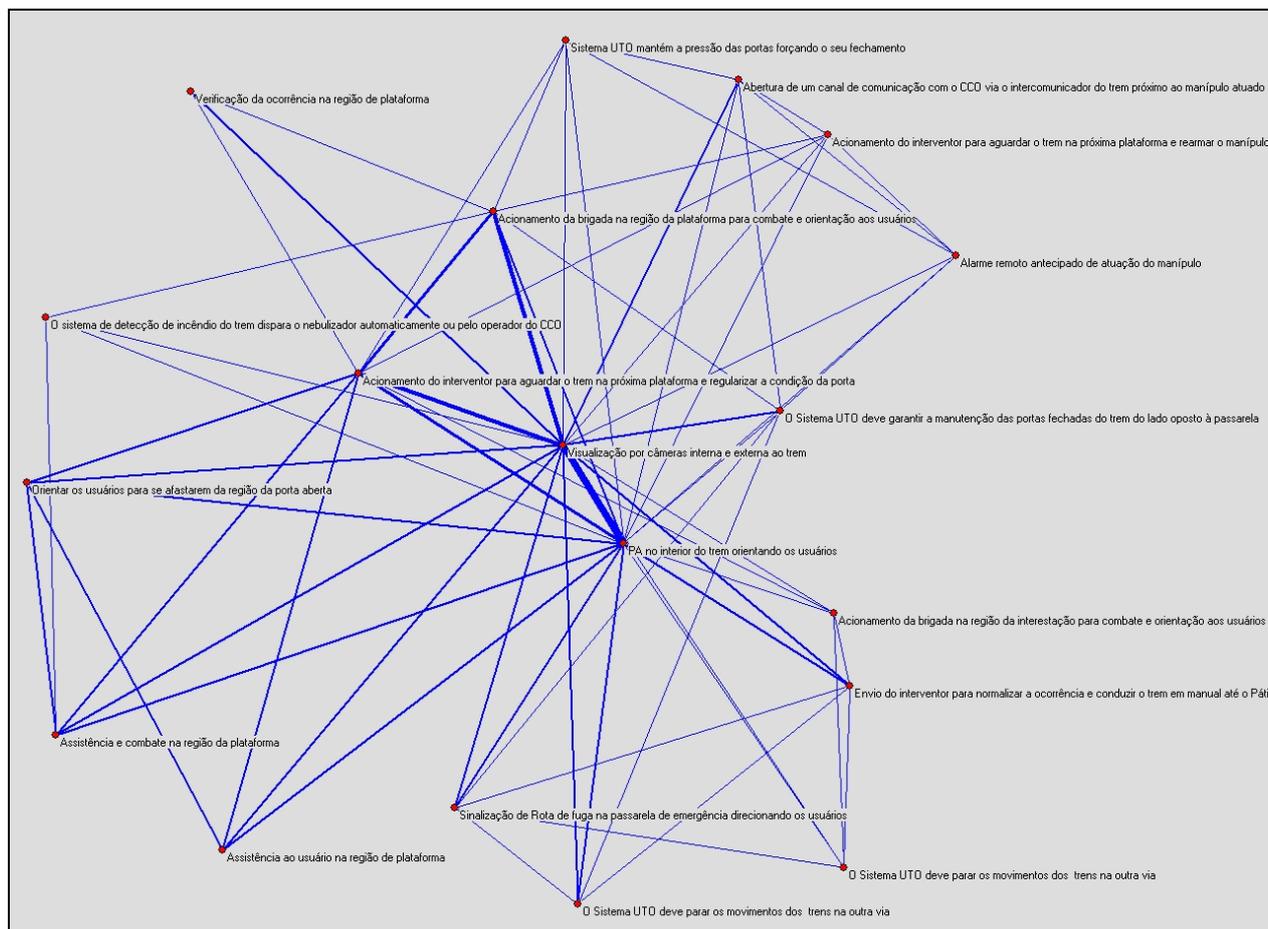


Figura 1 – Grafo de correlação entre procedimentos de mitigação

O grafo da figura 2 apresenta a visão do sistema com falha no sistema de câmeras. A relação entre os nós foi bastante alterada, pois a falta do nó “câmera” alterou a intensidade das

correlações do sistema. Isto indica que todos os procedimentos de mitigação apresentam lacunas, as quais impedem o sistema UTO de operar no modo automático, pois o nível de risco torna-se maior. Logo, a falha de um sistema não vital compromete o grau de automação do sistema, mesmo que os mecanismos UTO estejam funcionando adequadamente.

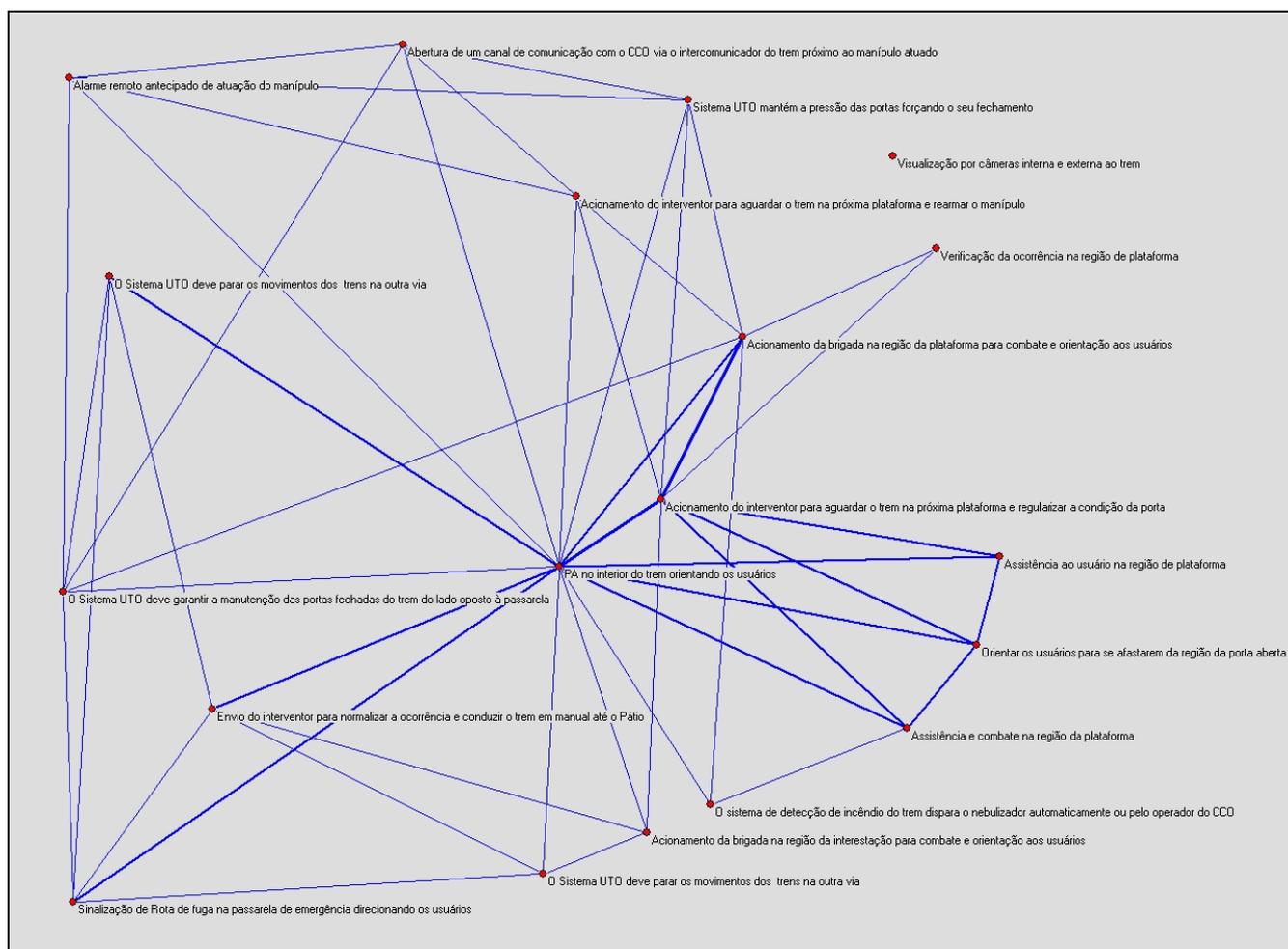


Figura 2 – Grafo de correlação entre procedimentos de mitigação sem nó principal

CONCLUSÕES

O objetivo secundário, após esta análise, poderá prover diversos caminhos de estudos na integração entre os Sistemas na filosofia UTO; no tocante a Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança (RAMS) dos elementos que o compõe. Este trabalho demonstra a importância de cada elemento, onde cada um tem a sua missão crítica ou não crítica dos elementos identificados como os que possuem ou causam maior interdependência

nos procedimentos de mitigação. A análise do comportamento dos dados obtidos através dos cenários operacionais - OSHA em conjunto com os conceitos de redes complexas, demonstraram a inter-relação entre os sistemas através dos cenários operacionais, ações mitigadoras e as suas consequências e riscos. Essa interdependência entre os sistemas demonstra que quando da ocorrência de uma determinada falha de um sistema, quais serão os riscos associados na operação em função desta indisponibilidade e se por ventura poderá ser substituído por algum outro procedimento. O conceito da rede complexas nos auxiliam na análise do comportamento dos sistemas frente a indisponibilidade de uma determinada funcionalidade de um sistema.

Os resultados obtidos através dos grafos indicam que para projeto de sistemas com grau de automação UTO é fundamental, além do projeto das especificidades de cada sistema, um projeto de interoperação e interfaces entre todos os sistemas que compõem a solução UTO, pois diversos dos comportamentos esperados para um sistema UTO residem na correlação entre os elementos que compõem sistemas distintos, projetados independentemente. Logo, pode-se dizer que para o sucesso de um sistema metro-ferroviário com grau de automação UTO é necessário que haja investimento na engenharia de sistema que enfatize as correlações e interfaces entre os sistemas que compõem o sistema metro-ferroviário.

O estudo sugere ainda que um conjunto de análises pode ser elaborado para o adequado entendimento da interoperação entre sistemas, a saber: (i) especificações de interfaces e interoperação entre sistemas; (ii) arquitetura de interfaces dos sistemas; (iii) plano de interfaces entre sistemas; (iv) análise de riscos entre elementos de sistemas distintos; (v) matriz de requisitos de interfaces entre sistemas, dentre outros.

Dados dos Autores

Rubens Navas Borloni – Engenheiro Eletrônico - Companhia do Metropolitano de São Paulo.

Graduado em Engenharia Eletrônica pela Universidade Paulista em 1996. Pós-graduado em Tecnologia Metroferroviária pela Educação Continuada da Politécnica da USP em 2004. Coordenador do Sistema de Sinalização do Monotrilho. Desde 1991 no Metrô, sendo 6 anos como Técnico de Manutenção e 15 anos de Engenharia de Projetos do Sistema de Sinalização.

Rodrigo Filev Maia – Engenheiro Eletricista – Arcarius Engenharia.

Graduado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP (EPUSP) em 2000. Possui mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica ênfase Computação e Sistemas Digitais pela EPUSP. Engenheiro de Sistemas de Comunicação na Arcarius Engenharia; é Professor do Centro Universitário da FEI e Pesquisador Colaborador da EPUSP. Atualmente trabalha na Arcarius Engenharia em projetos de sistemas de comunicação para a Linha 2 Extensão e no projeto de Modernização das Linhas 1, 2 e 3.