

# Análise de Riscos envolvendo Segurança em Sistemas Metroferroviários de Operação UTO

Autores :  
Rubens Navas Borloni  
Metrô SP

George Eduardo Gomes de Faria  
GE Transportation

# Índice

- **Conceitos Operacionais UTO (“Unattended Train Operation”)**
- **Metodologia de análise de riscos através de estudo dos cenários operacionais UTO**
- **Requisitos de segurança mínimos segundo suas filosofias operacionais**
- **Diagramas de sequência UML dos cenários operacionais**
- **Tabela de mitigação dos riscos associada aos cenários operacionais**

# Conceitos Operacionais UTO ("Unattended Train Operation")

- ▶ Ausência de Operador de Trem
- ▶ Ausência de Atendente à Bordo
- ▶ Recursos Telecom à Bordo: CFTV, PIS- Informação aos Passageiros, PA (Sonorização), Intercomunicador;
- ▶ Rádio Terra / Trem com Banda Passante de Alta capacidade => Video Bordo -> CCO, Intercomunicador;
- ▶ Sensoriamento e telecomando de subsistemas importantes do Material Rodante (e.g. isolamento de freio falha remoção).

# Metodologia de análise de riscos através de estudo dos cenários operacionais UTO

- ▶ A metodologia da análise de riscos baseada em estudo dos cenários operacionais do sistema UTO toma como premissa os conceitos abordados nas normas IEC 62290-1 e IEC\_PAS 62267.DTO\_UTO.
- ▶ A norma IEC 62278 recomenda que os requisitos do sistema devam ser fruto da sua própria análise específica de riscos, respeitando os diferentes critérios de aceitação de riscos ao redor do mundo.
- ▶ A norma IEC\_PAS 62267 recomenda para a definição de requisitos de segurança globais e genéricos a base da experiência proveniente de soluções comprovadas em todo o mundo.

# Descrição das fases do ciclo de vida – Fonte : IEC 62278

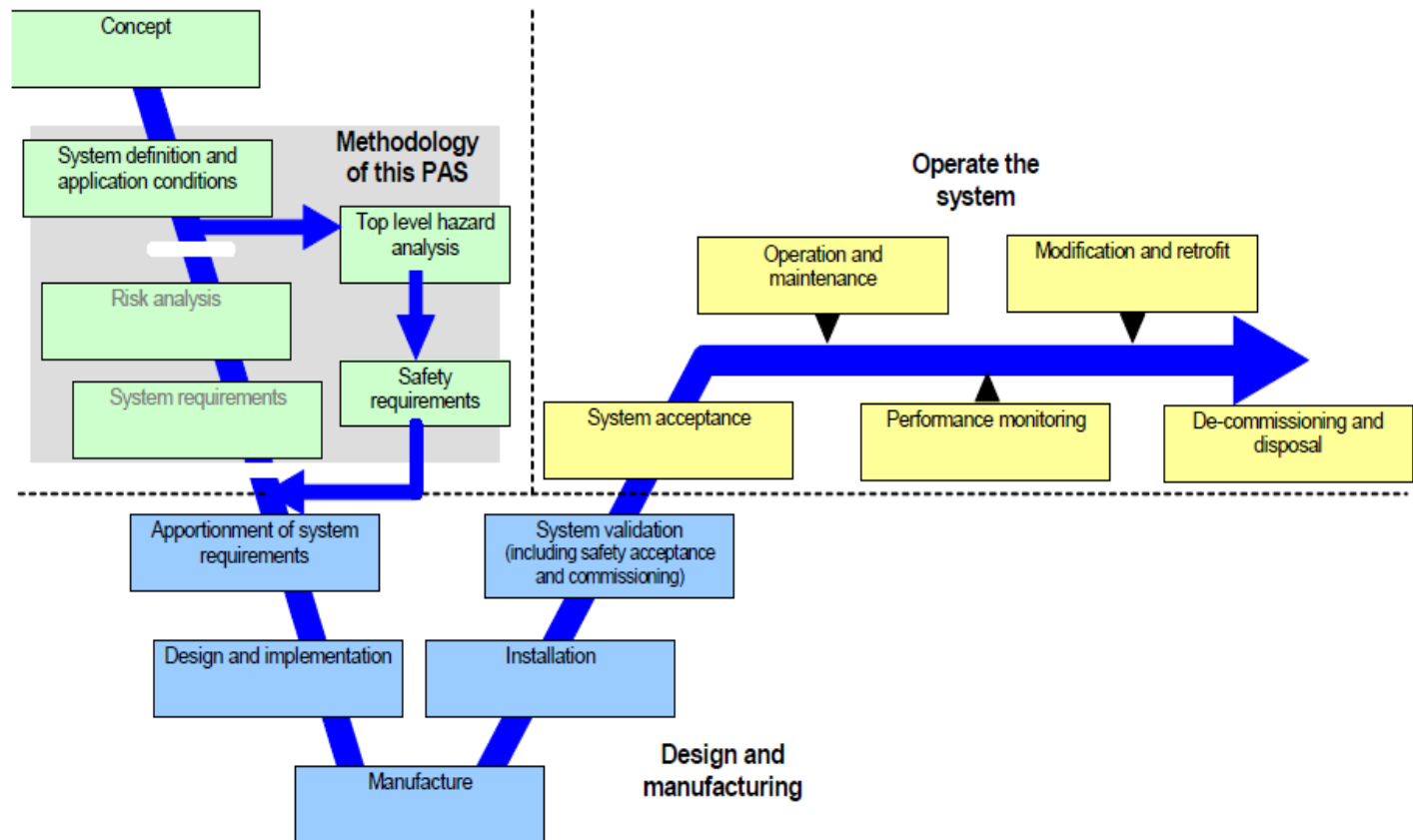


Figure 1 – Description of the life-cycle phase

# Requisitos de segurança mínimos segundo suas filosofias operacionais

- ▶ TOS – Operador de trem respeitando a sinalização lateral;
- ▶ NTO – Operador de trem sem função automática;
- ▶ STO – Operador do trem com funções semi automáticas;
- ▶ DTO – Sem operador na cabine do trem e funções automáticas;
- ▶ UTO – Sem operador no trem e funções automáticas.

# Graus de Automação

Fonte: IEC-PAS-62267  
 DTO\_UTO

Table 1 – Grades of automation

Basic functions of train operation		On-sight train operation TOS	Non-automated train operation NTO	Semi-automated train operation STO	Driverless train operation DTO	Unattended train operation UTO
		GOA0	GOA1	GOA2	GOA3	GOA4
Ensuring safe movement of trains	Ensure safe route	x (points command/control in system)	S	S	S	S
	Ensure safe separation of trains	x	S	S	S	S
	Ensure safe speed	x	x (partly supervised by system)	S	S	S
Driving	Control acceleration and braking	x	x	S	S	S
Supervising guideway	Prevent collision with obstacles	x	x	x	S	S
	Prevent collision with persons on tracks	x	x	x	S	S
Supervising passenger transfer	Control passengers doors	x	x	x	x	S
	Prevent person injuries between cars or between platform and train	x	x	x	x	S
	Ensure safe starting conditions	x	x	x	x	S
Operating a train	Set in/set off operation	x	x	x	x	S
	Supervise the status of the train	x	x	x	x	S
Ensuring detection and management of emergency situations	Perform train diagnostic, detect fire/smoke and detect derailment, handle emergency situations (call/evacuation, supervision)	x	x	x	x	S and/or staff in OCC

NOTE x = the responsibility of operations staff (may be realised by technical system);  
 S = shall be realized by technical system.

# Relevância na Operação UTO

De modo a compensar a ausência de operadores à bordo dos trens, os sistemas metroferroviários UTO contam com recursos de sistemas de telecomunicação de apoio à operação:

- ▶ SME – Sistema de Monitoração Eletrônica (CFTV);
- ▶ SMM – Sistema de Multimídia (Sonorização, Totens e Painéis Multimídia);
- ▶ SCMVD – Sistema de Comunicação Móvel de Voz, Vídeo e Dados.
- ▶ SAM – Gerenciamento e supervisão das falhas on line dos sistemas

Sistemas de telecomunicação embarcados como:

- ▶ SCMVD (parte embarcada)
- ▶ Sistema de Informação aos Passageiros de Bordo
- ▶ Sistema de Sonorização de Bordo
- ▶ CFTV de bordo
- ▶ Intercomunicador.



# Análise de Riscos dos Cenários Operacionais Degradados

## Importância:

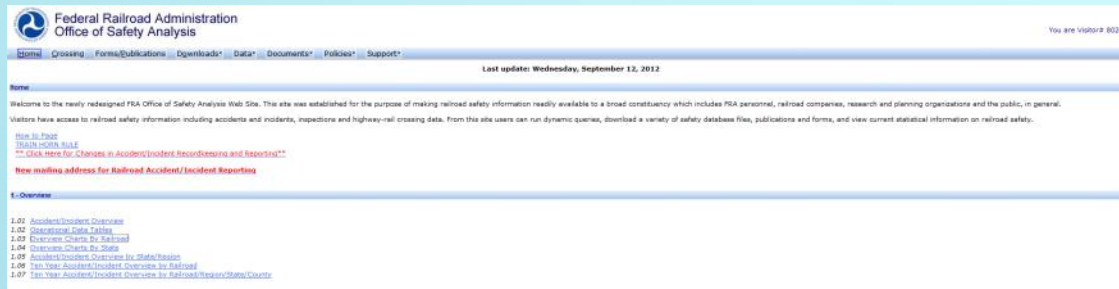
Segundo dados estatísticos de acidentes nas ferrovias americanas da FRA (Federal Railroad Administration); em torno de:

- ▶ 35 % são acidentes provocados por fatores humanos;
- ▶ 15 % por equipamentos de controle;
- ▶ 35% por defeitos da via e,
- ▶ 15% por outras causas.

Os maiores perigos e riscos reais detectados nestas estatísticas da FRA são:

- ▶ 70 % descarrilamentos;
- ▶ 8 % colisão e,
- ▶ 22% demais acidentes.

Os dados pesquisados são apenas referência visando demonstrar a importância da análise de risco dos sistemas metroferroviários.



Fonte : <http://safetydata.fra.dot.gov/OfficeofSafety/Default.aspx>

# Metodologia de análise de riscos através de estudo dos cenários operacionais UTO

A metodologia proposta compõe-se de três fases:

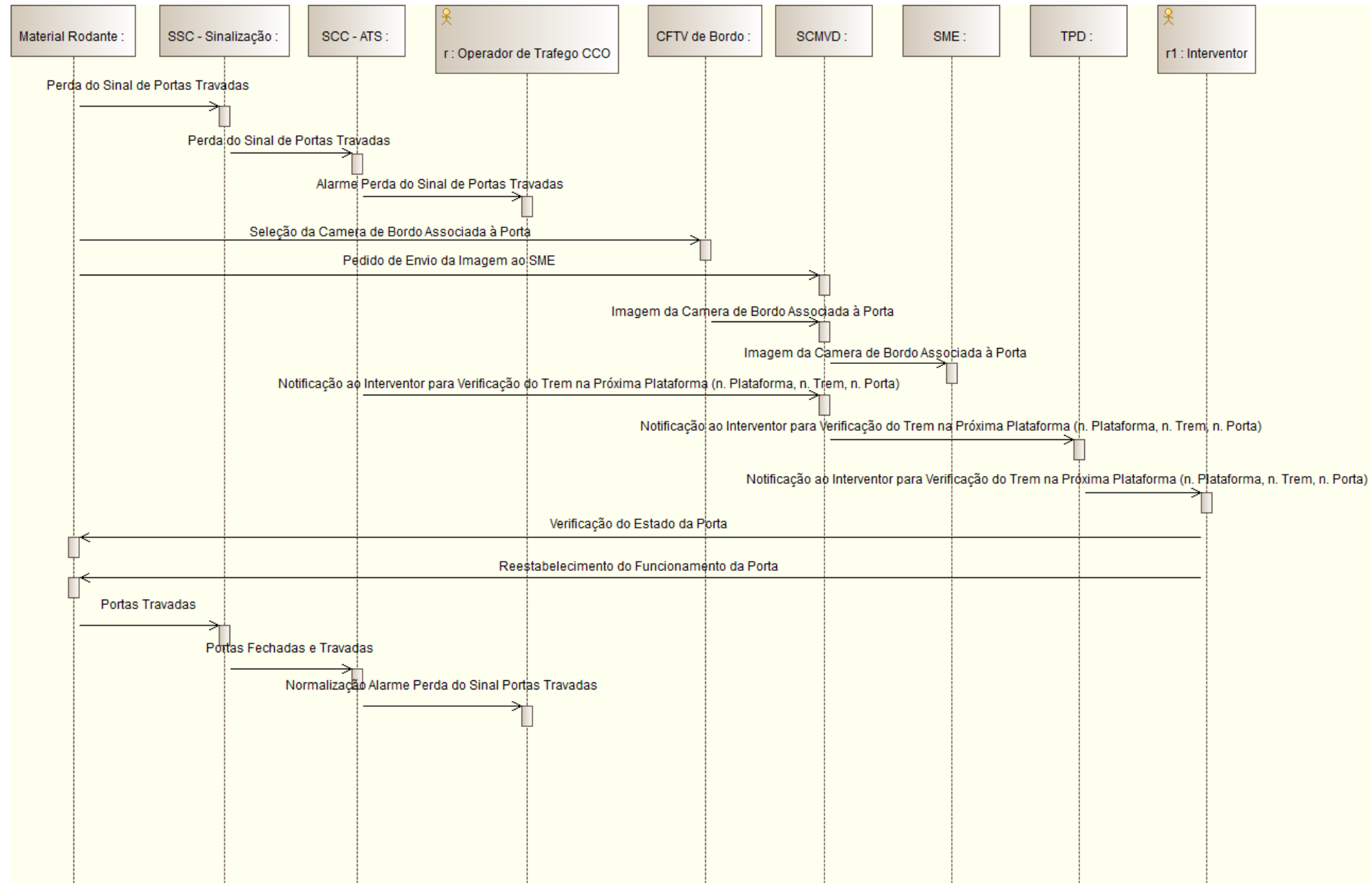
1. Identificação e descrição dos cenários operacionais UTO degradados;
2. Levantamento dos riscos envolvendo segurança associados a cada cenário;
3. Determinação da mitigação dos riscos através da análise dos cenários operacionais resultando em procedimentos operacionais ou em requisitos de projeto que devem ser implementados de modo a incorporar a mitigação destes riscos no sistema.

# Identificação e Descrição dos Cenários Operacionais UTO Degradados

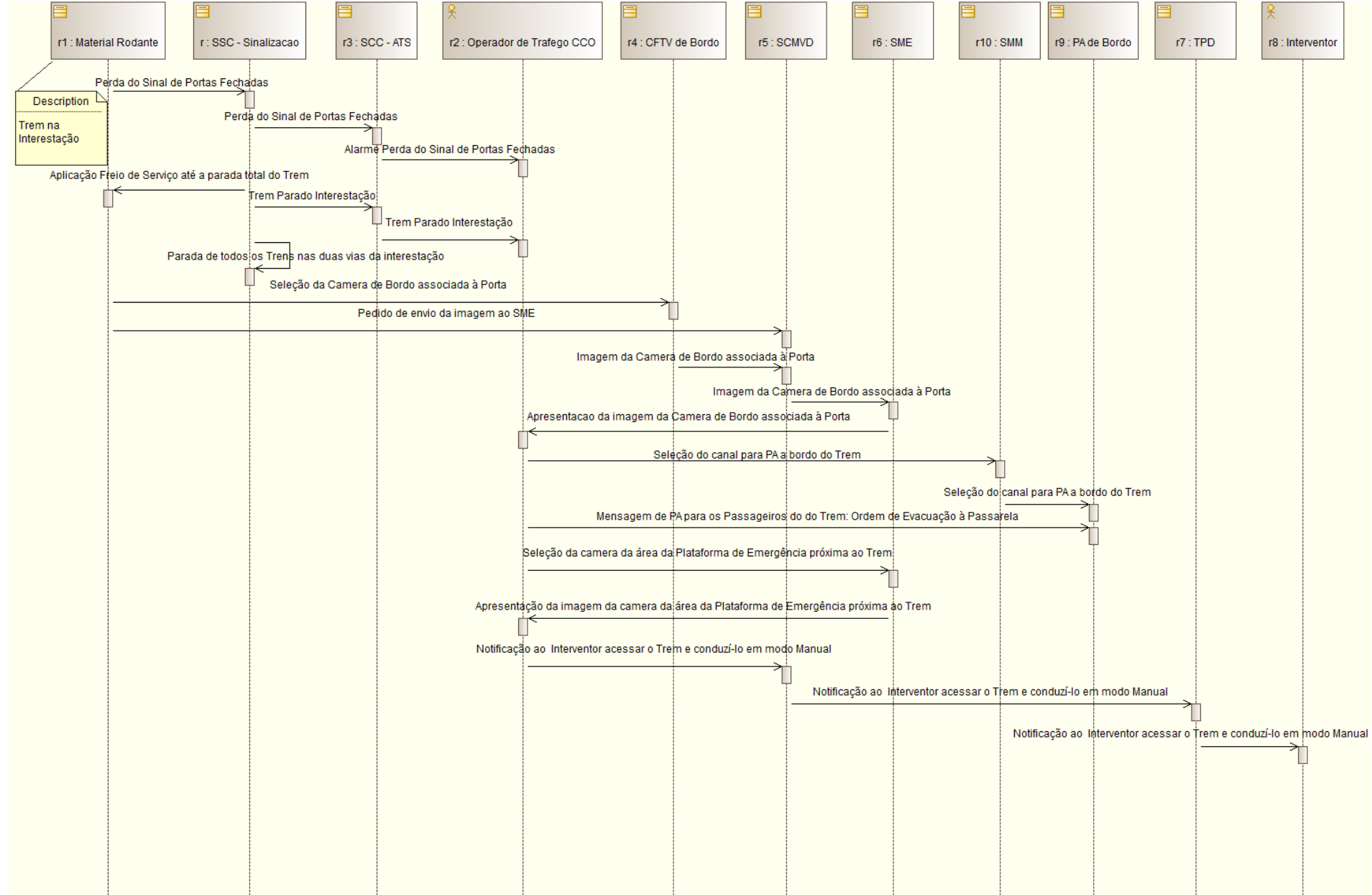
Neste contexto deste foram identificados e descritos os seguintes cenários:

- ▶ Perda da indicação de portas fechadas e travadas do trem no trecho da interestação.
  - Perda da indicação de Portas Fechadas em Trem na interestação
  - Perda da indicação de Portas Travadas em Trem na interestação
- ▶ Alarme de Incêndio em trem na interestação.
- ▶ Atuação no manípulo de destravamento de porta na interestação.

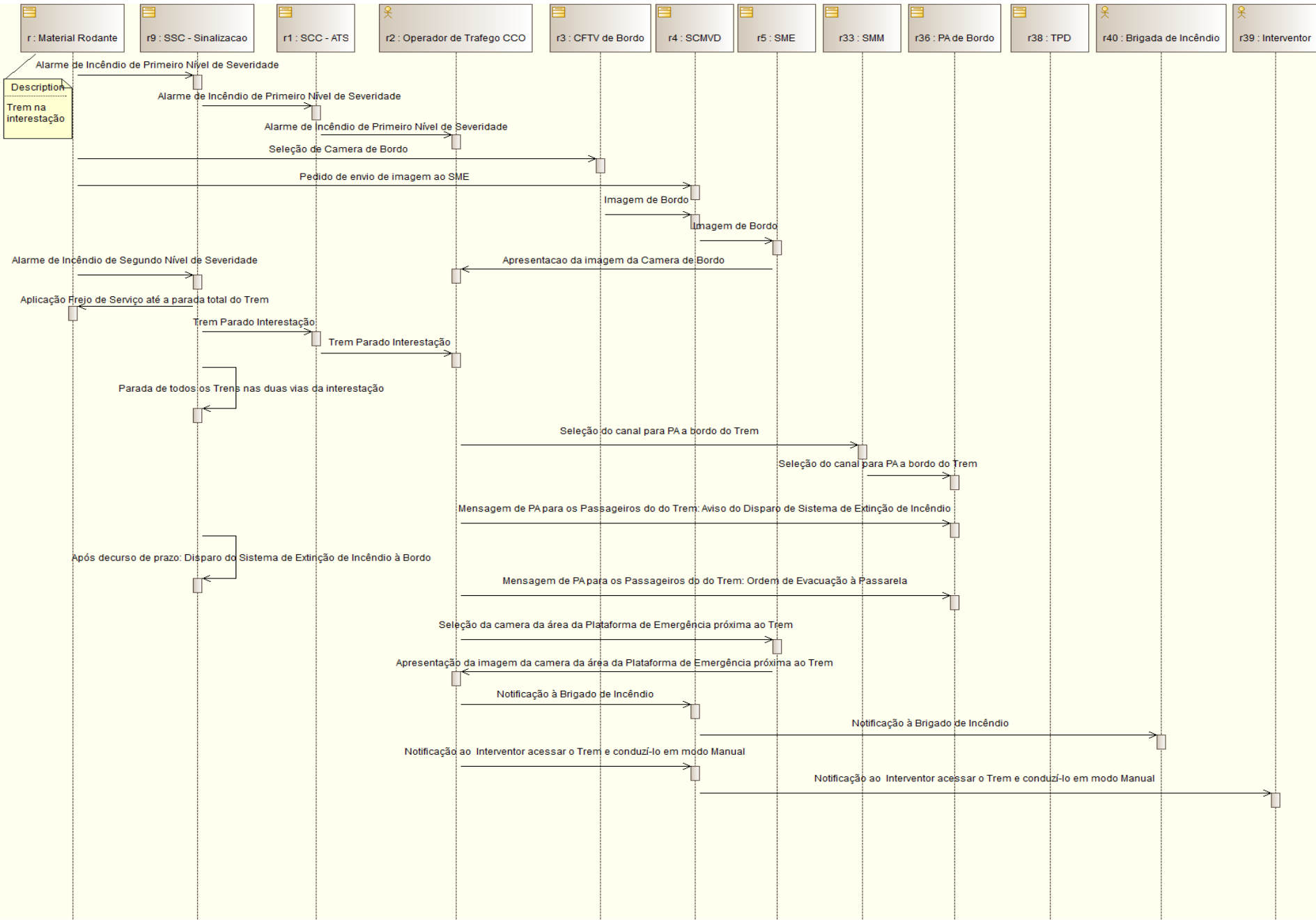
# Perda da Indicação de Portas Travadas do trem na interestação



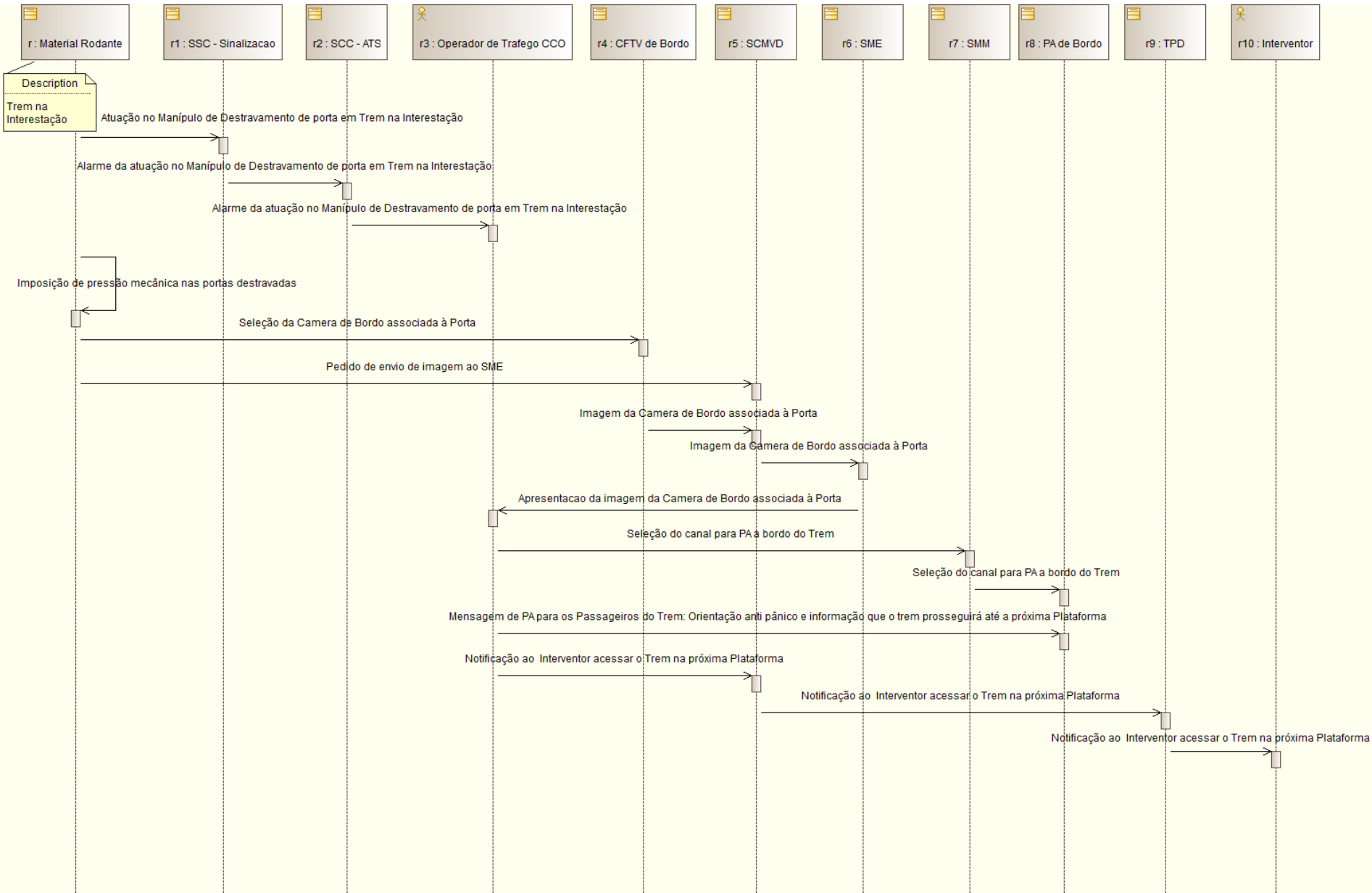
# Perda da Indicação de Portas Fechadas do Trem na Interestação



# Alarme de Incêndio em Trem na Interestação



# Atuação no Manípulo de Destravamento de Porta na Interestação



# Determinação dos Riscos Envolvendo Segurança Associados a cada Cenário e suas Mitigações

- ▶ Perda da indicação de portas fechadas e travadas do trem no trecho da interestação

CENÁRIO	AÇÕES DO SISTEMA UTO	RISCOS	MITIGAÇÃO DOS RISCOS
Perda da indicação de portas fechadas e travadas do trem no trecho da interestação	O sistema UTO pode provocar a parada do trem na região do interestação quando da perda do sinal das portas fechadas	Usuários no interior do trem podem sair pela passarela de emergência em ambos os sentidos	Sinalização de rota de fuga na passarela de emergência direcionando os usuários
			PA no interior do trem orientando os usuários
			Visualização por câmeras interna e externa ao trem
			Envio do interventor para normalizar a ocorrência e conduzir o trem em manual até o Pátio
	O sistema UTO continua o seu movimento até chegar a plataforma quando da perda do sinal das portas fechadas	Probabilidade de acidente de queda de usuários para fora do trem pela região da porta aberta (trecho reta e curva da via)	O Sistema UTO deve parar os movimentos dos trens na outra via
			PA no interior do trem orientando os usuários
			Visualização por câmeras interna e externa ao trem
			Orientar os usuários para se afastarem da região da porta aberta
	O sistema UTO reduz a velocidade do seu movimento até chegar a plataforma quando da perda do sinal das portas fechadas	Probabilidade de acidente de queda de usuários para fora do trem pela região da porta aberta (trecho curva da via)	Acionamento do interventor para aguardar o trem na próxima plataforma e regularizar a condição da porta
			Assistência ao usuário na região de plataforma
			PA no interior do trem orientando os usuários
			Visualização por câmeras interna e externa ao trem
O sistema UTO continua o seu movimento até chegar a plataforma quando da perda do sinal das portas travadas	Probabilidade de um usuário abrir a porta do trem destravada	Orientar os usuários para se afastarem da região da porta aberta	
		Acionamento do interventor para aguardar o trem na próxima plataforma e regularizar a condição da porta	
		Assistência ao usuário na região de plataforma	
		Visualização por câmeras interna e externa ao trem	
			Acionamento do interventor para aguardar o trem na próxima plataforma
			Verificação da ocorrência na região de plataforma



# Determinação dos Riscos Envolvendo Segurança Associados a cada Cenário e suas Mitigações

## ▶ Alarme de Incêndio em trem na interestação

CENÁRIO	AÇÕES DO SISTEMA UTO	RISCOS	MITIGAÇÃO DOS RISCOS
Alarme de Incêndio no trecho da interestação	O sistema UTO pode provocar a parada do trem na região do interestação e efetuar a abertura das portas do trem do lado da passarela de emergência quando da detecção do segundo nível de incêndio	Queimaduras dos usuários no interior do trem e pânico dos usuários pela passarela de emergência em ambos os sentidos	O Sistema UTO deve parar os movimentos dos trens na outra via
			Visualização por câmeras interna e externa ao trem
			PA no interior do trem orientando os usuários
	O sistema UTO continua o seu movimento até chegar a plataforma quando da detecção do segundo nível de incêndio	Sufocamento e queimaduras dos usuários no interior do trem	Acionamento da brigada na região da interestação para combate e orientação aos usuários
			Envio do interventor para normalizar a ocorrência e conduzir o trem em manual até o Pátio
			Sinalização de Rota de fuga na passarela de emergência direcionando os usuários
	O sistema UTO continua o seu movimento até chegar a plataforma quando da detecção do primeiro nível de incêndio	Potencial incêndio no interior do trem não perceptível	O sistema de detecção de incêndio do trem dispara o nebulizador automaticamente ou pelo operador do CCO
			Visualização por câmeras interna e externa ao trem
			PA no interior do trem orientando os usuários
			Acionamento da brigada na região da plataforma para combate e orientação aos usuários
			Assistência e combate na região da plataforma
			Visualização por câmeras interna e externa ao trem
			Acionamento da brigada na região da plataforma para possível combate e orientação aos usuários
			Verificação da ocorrência na região de plataforma

# Determinação dos Riscos Envolvendo Segurança Associados a cada Cenário e suas Mitigações

## ► Atuação no manípulo de destravamento de porta na interestação

CENÁRIO	AÇÕES DO SISTEMA UTO	RISCOS	MITIGAÇÃO DOS RISCOS
Atuação no Manípulo de Destravamento de Porta	O sistema UTO pode provocar a parada do trem na região do interestação se o usuário atuar o manípulo e efetuar a abertura da respectiva porta correspondente ao manípulo atuado no interior do trem do lado da passarela de emergência.	Usuários no interior do trem podem sair pela passarela de emergência em ambos os sentidos	Visualização por câmeras interna e externa ao trem
			PA no interior do trem orientando os usuários
			O Sistema UTO deve parar os movimentos dos trens na outra via
	O sistema UTO continua o seu movimento até chegar a plataforma considerando apenas o destravamento mecânico da porta	Pânico controlado pelo CCO no interior do trem até chegar na plataforma	O Sistema UTO deve garantir a manutenção das portas fechadas do trem do lado oposto à passarela
			Sinalização da rota de fuga na passarela de emergência direcionando os usuários
			Alarme remoto antecipado de atuação do manípulo
			Sistema UTO mantém a pressão das portas forçando o seu fechamento
			Visualização por câmeras interna e externa ao trem
	O sistema UTO continua o seu movimento até chegar a plataforma se o usuário atuar o manípulo e efetuar a abertura da respectiva porta correspondente ao manípulo atuado no interior do trem do lado da passarela de emergência.	Provável pânico no interior do trem até chegar na plataforma	Abertura de um canal de comunicação com o CCO via o intercomunicador do trem próximo ao manípulo atuado
PA no interior do trem orientando os usuários			
Acionamento da brigada na região da plataforma para assistência ao usuário e prestação dos primeiros socorros			
Acionamento do interventor para aguardar o trem na próxima plataforma e rearmar o manípulo			
O sistema UTO deve garantir a manutenção das portas fechadas do trem do lado oposto à passarela	Provável pânico no interior do trem até chegar na plataforma	Visualização por câmeras interna e externa ao trem	
		Abertura de um canal de comunicação com o CCO via o intercomunicador do trem próximo ao manípulo atuado	
		Acionamento da brigada na região da plataforma para assistência ao usuário e prestação dos primeiros socorros	
		Acionamento do interventor para aguardar o trem na próxima plataforma e rearmar o manípulo	

- ▶ Obrigado !
- ▶ Rubens Navas Borloni  
rborloni@metrosp.com.br
- ▶ George Eduardo Gomes de Faria  
george.faria@ge.com