

TRILHOS: EFICIÊNCIA E NOVOS RUMOS



INOVAÇÃO, INTEGRAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE UMA LINHA DE METRÔ UTILIZANDO CENÁRIOS OPERACIONAIS

Rubens Navas Borloni

Felipe Copche

Mônica Aparecida Pilão dos Santos

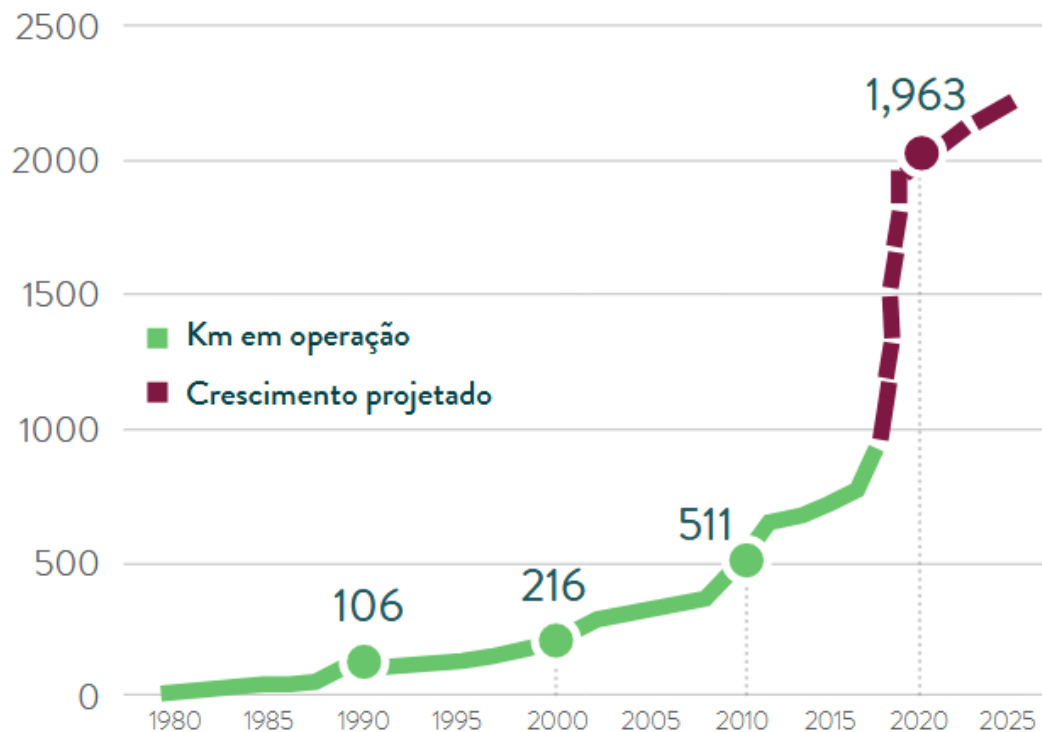


**SEMANA DE
TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA
2019**

SUMÁRIO

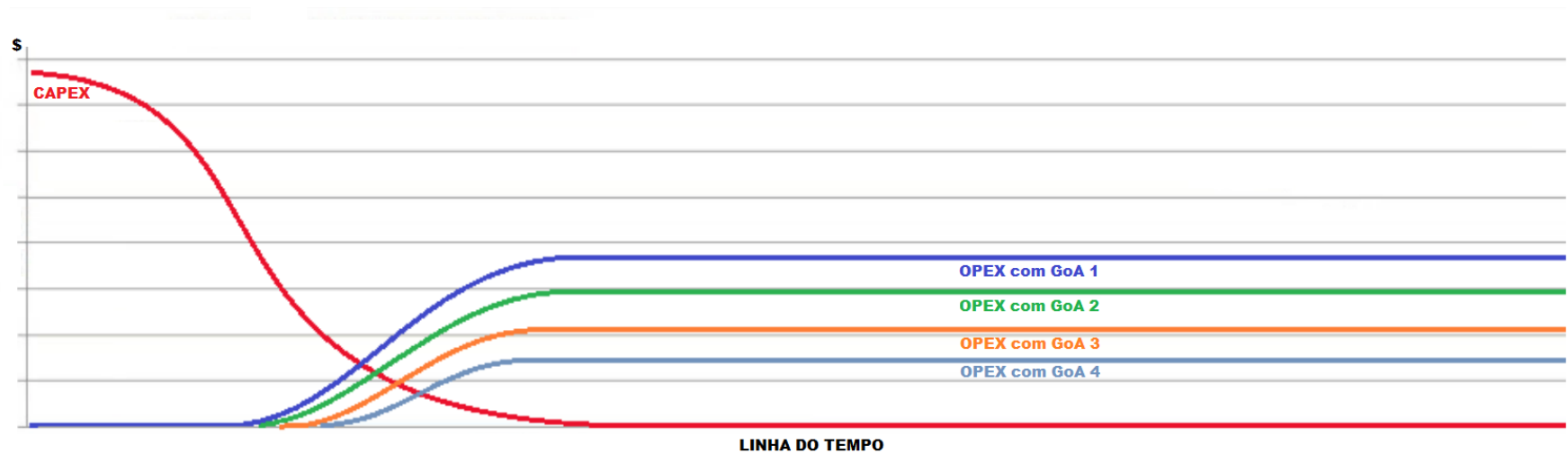
- Perspectivas em automação metroferroviária
- Segurança e o fator humano
- Apresentação do processo de análise de cenários
- Exemplos de lacunas e inovações em sistemas

Crescimento total de linhas totalmente automáticas (em km de linha)



Fonte: UITP - Relatório Mundial sobre Linhas Automáticas (julho de 2016)

CAPEX/OPEX, fator humano e níveis de segurança



Fonte: Esboço GPR/PRE/CSS

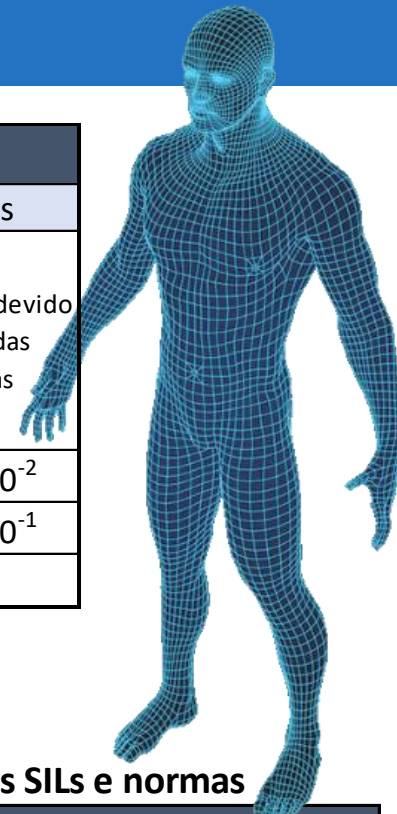
Tabela para probabilidade de erro humano

Condições ambientais favoráveis			Condições ambientais adversas		
Estresse devido a muito poucas demandas	Nível ótimo de estresse	Estresse devido a demandas excessivas	Estresse devido a muito poucas demandas	Nível ótimo de estresse	Estresse devido a demandas excessivas
Experiências e vivências	2×10^{-3}	1×10^{-3}	2×10^{-3}	1×10^{-2}	5×10^{-3}
Procedimentos	2×10^{-2}	1×10^{-2}	2×10^{-2}	1×10^{-1}	5×10^{-2}
Conhecimentos	2×10^{-1}	1×10^{-1}	2×10^{-1}	1	1

Atividade baseada em:

Experiências e vivências	2×10^{-3}	1×10^{-3}	2×10^{-3}	1×10^{-2}	5×10^{-3}	1×10^{-2}
Procedimentos	2×10^{-2}	1×10^{-2}	2×10^{-2}	1×10^{-1}	5×10^{-2}	1×10^{-1}
Conhecimentos	2×10^{-1}	1×10^{-1}	2×10^{-1}	1	5×10^{-1}	1

Fonte: A. Hinzen, *Der Einfluss des menschlichen Fehlers auf die Sicherheit der Eisenbahn*, Doctoral thesis, RWTH Aachen University, Aachen, 1993.



Impacto/Consequência	Probabilidade	
	ALTO	BAIXO
ALTO	SIL 4	SIL 4 / SIL 3
BAIXO	SIL 3 / SIL 2	SIL 1 / SIL 0

Fonte: Esboço GPR/PRE/CSS

Valores de THR para diferentes SILs e normas

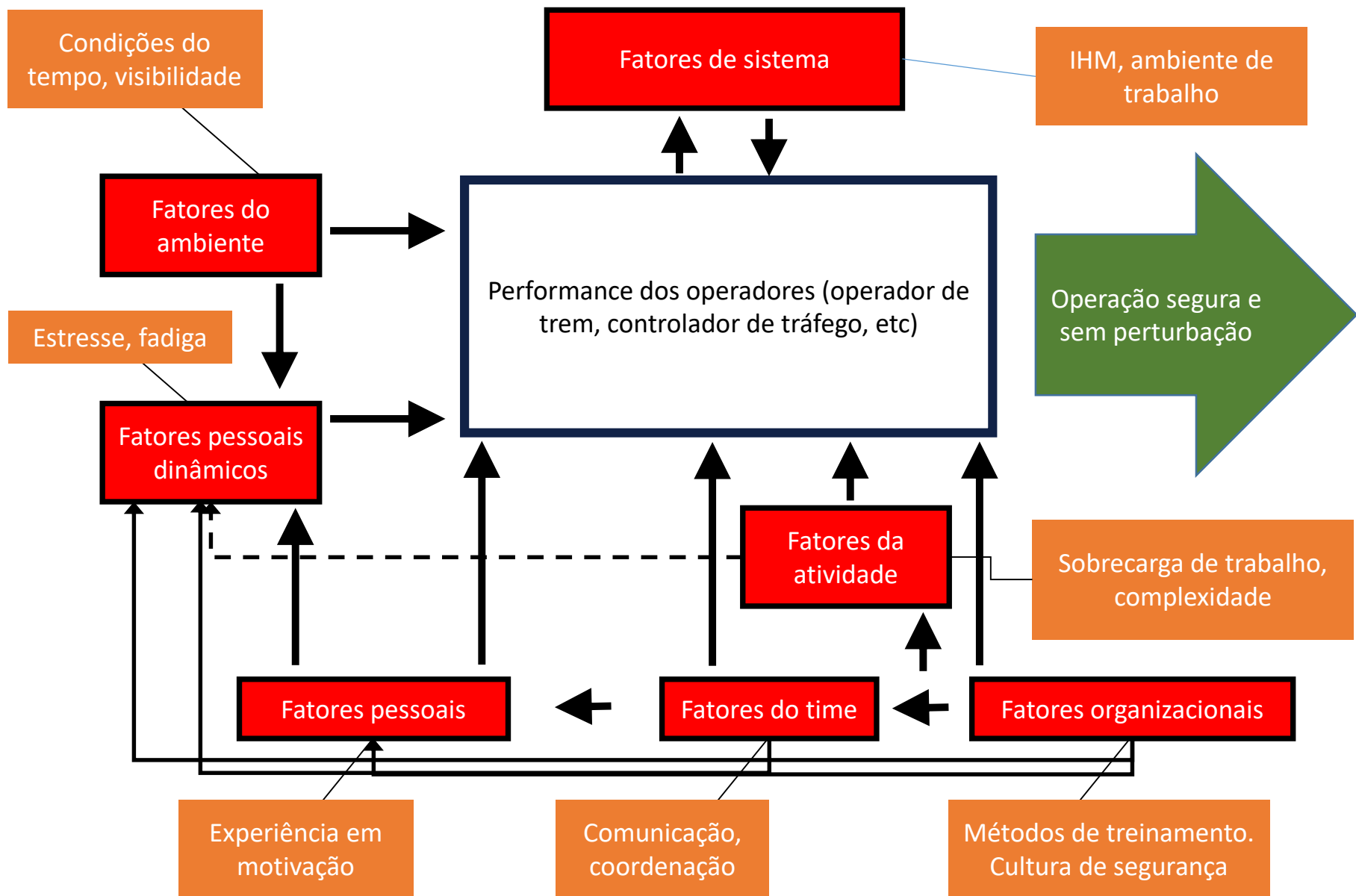
SIL	IEC 61508/EN 50129	DEF-STAN-00-56
1	$10^{-6}/h \leq THR < 10^{-5}/h$	Frequente = $\sim 10^{-2}/h$
2	$10^{-7}/h \leq THR < 10^{-6}/h$	Provável = $\sim 10^{-4}/h$
3	$10^{-8}/h \leq THR < 10^{-7}/h$	Ocasional = $\sim 10^{-6}/h$
4	$10^{-9}/h \leq THR < 10^{-8}/h$	Remoto = $\sim 10^{-8}/h$

THR = Taxa de tolerância ao perigo

Repartição SIL e Alocação SIL:

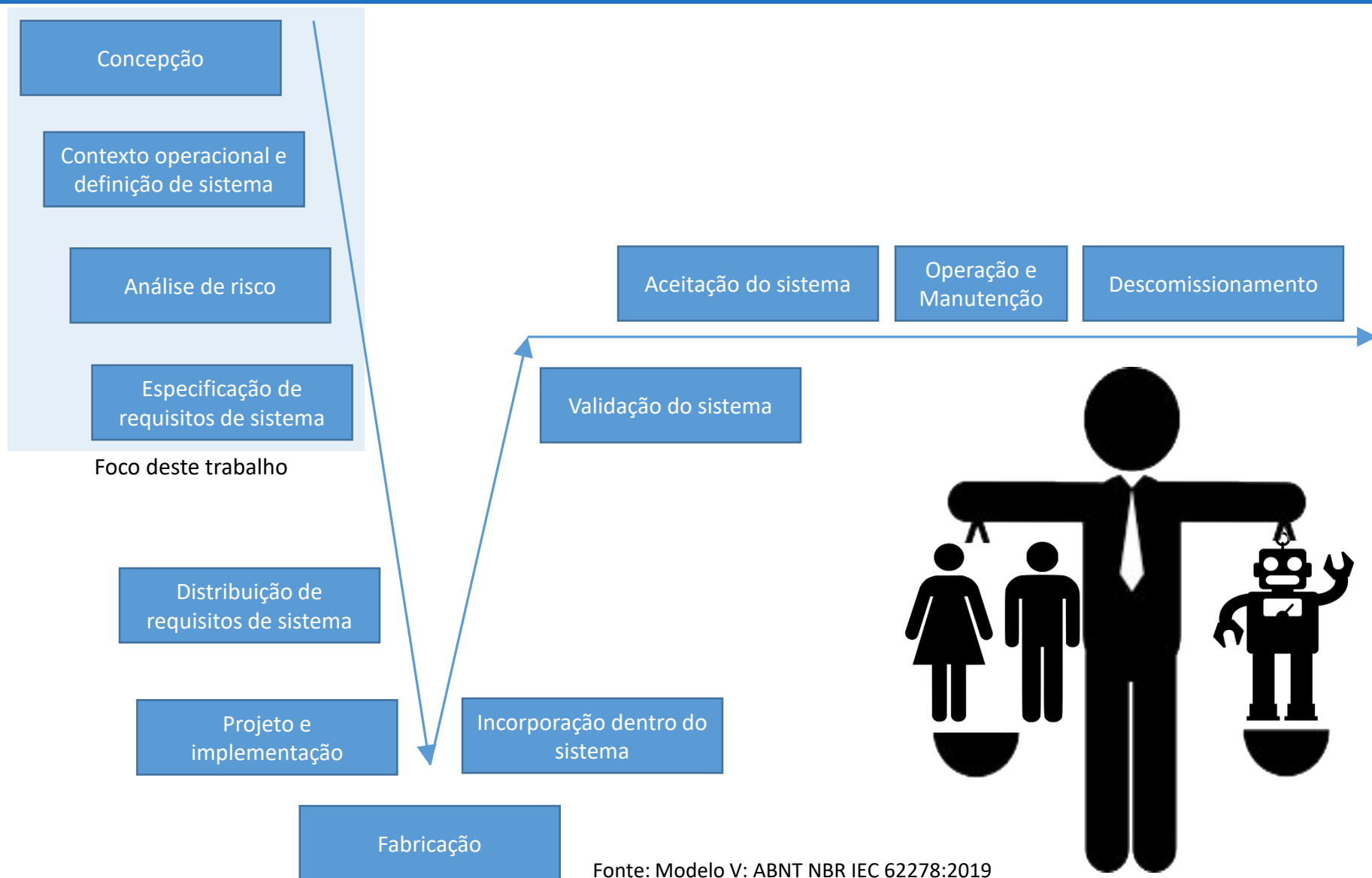
- Combinando dois dispositivos com um SIL 3 em paralelo resulta em um sistema SIL 4.
- Combinando dois dispositivos com um SIL 2 em paralelo resulta em um sistema SIL 3.
- Combinando dois dispositivos com um SIL 1 em paralelo resulta em um sistema SIL 2.
- Combinando dois dispositivos em paralelo, sendo um SIL x e outro SIL y, resulta em um sistema SIL $\max(x,y)$.

Fonte: Yellow book



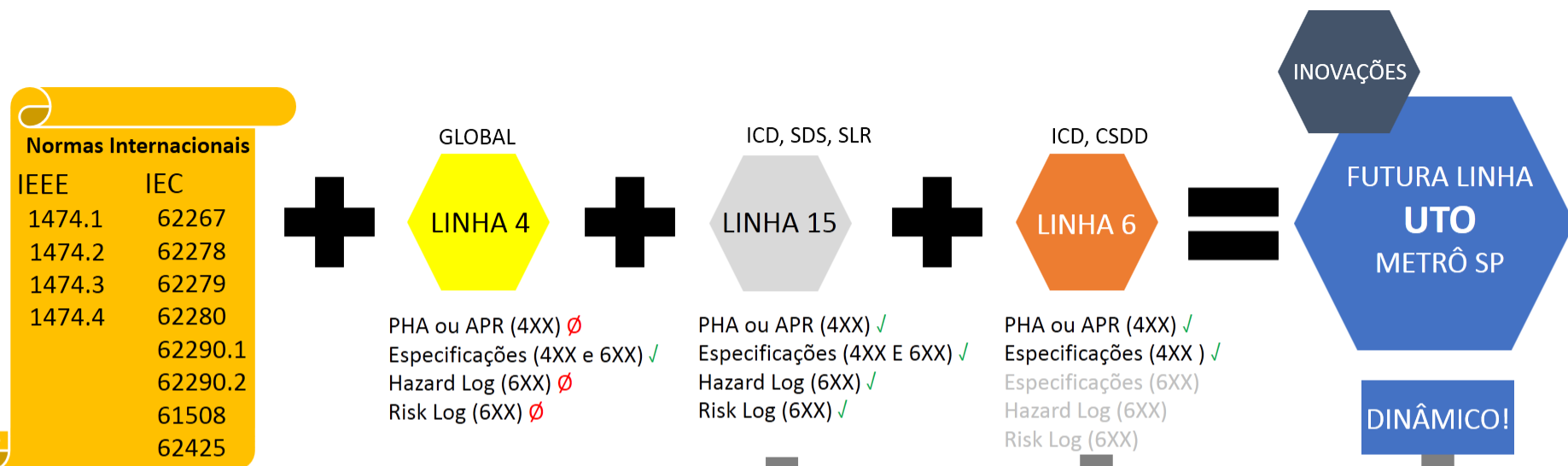
Fonte: Rail-PSF structure and examples for PSF. Miltos Kyriakidis et al. *Safety Science*, 78, 60-76, 2015.)

Ciclo de vida do sistema conforme EN50126



Fonte: Modelo V: ABNT NBR IEC 62278:2019

Base de conhecimento e futuro produto



LEGENDAS / CONCEITOS:

Risk Log - Risco Inicial + Mitigação = Risco Residual

PHA - Preliminar Hazard Analysis

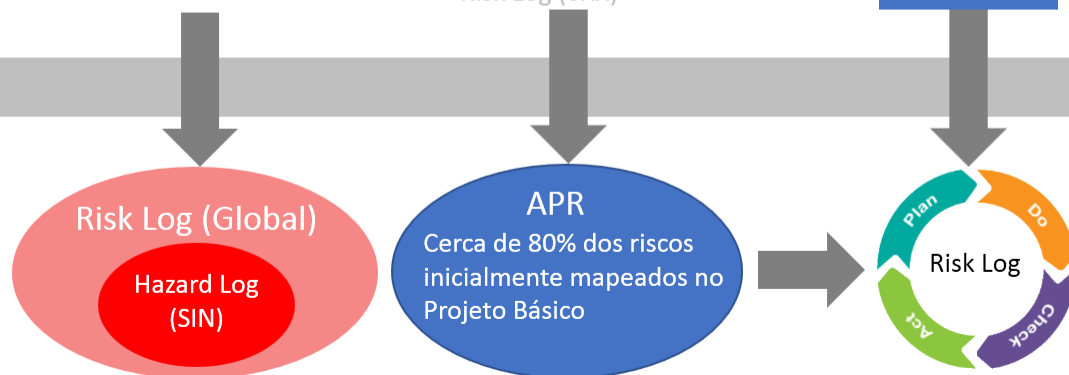
APR - Análise Preliminar de Risco

ICD - Interface Control Document

SDS - System Design Specification

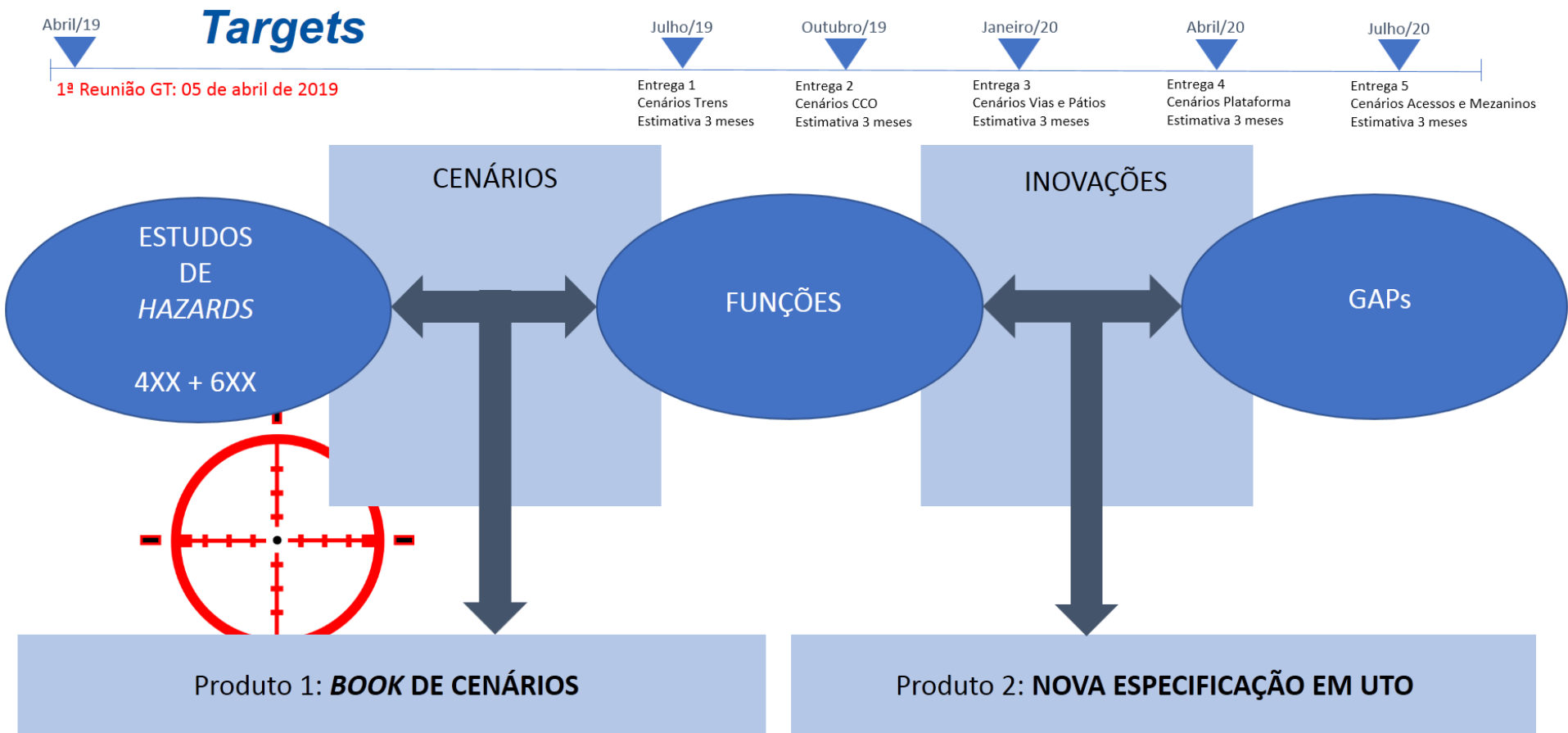
SLR - System Level Requirement

CSDD - Conception System Development Design



Fonte: Esboço GPR/PRE/CSS

Entregas de cenários e produtos previstos neste estudo



Fonte: Esboço GPR/PRE/CSS

Grau de automação, COMET recuperação de falhas pelo circulante

	Nível de automação	Tipo de operação do trem	Trem em movimento	Parada do trem	Fechamento de portas	Operação em caso de emergência
	GoA1 	ATP com condutor	Operador	Operador	Operador	Operador
	GoA2 	ATP e ATO com condutor	Automático	Automático	Operador	Operador
	GoA2+ 	ATP e ATO com condutor	Automático	Automático	Automático	Operador
	GoA3 	Driverless	Automático	Automático	Circulante	Circulante
	GoA3+ 	Driverless	Automático	Automático	Automático	Circulante
	GoA4 	UTO	Automático	Automático	Automático	Automático

Proteção Automática do Trem (ATP)

Operação Automática do Trem (ATO)

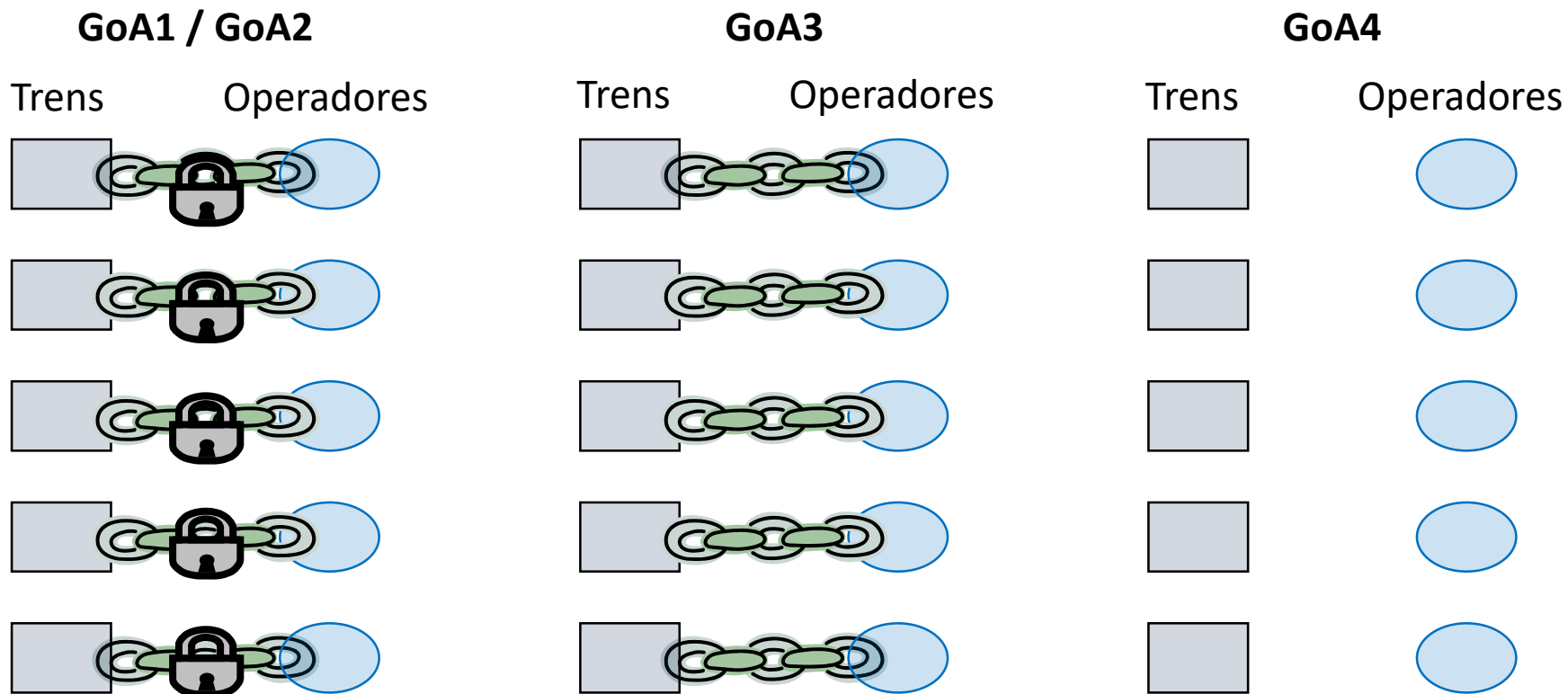
Fonte: Strategic implications of Unattended Train Operation – CoMET 2013 Case Study – 2013 Annual Meeting, Santiago – CEO Day.

Grau de automação, COMET recuperação de falhas pelo circulante

	GoA2	GoA3	GoA4
CAPEX	Melhor caso	Maior que GoA2	Maior que GoA2/3 (10% a 30%), dependendo do caso
OPEX	Pior caso	Menor que GoA2 com os circulantes	Cerca de 10% menor
Flexibilidade	Muito pouca	Alguma	Completa
Confiabilidade	Mais incidentes, mas com tempo de resposta de normalização mais rápido		Menos incidentes, mas com tempo de resposta mais lento
Segurança	Risco de erro do operador	Menor risco de erro do operador	Risco mínimo de erro do operador
	Detecção visual de obstáculo	Checagem visual da via na preparação para a comercial	PSD auxilia na integridade da via, mas existem riscos ao pessoal da manutenção na madrugada.
Atendimento ao cliente	Operador é somente uma voz distante	Circulantes no salão, e visíveis, podem ajudar os clientes	CCO é somente uma voz distante

Fonte: *Strategic implications of Unattended Train Operation – CoMET 2013 Case Study – 2013 Annual Meeting, Santiago – CEO Day.*

Grau de automação, COMET recuperação de falhas pelo circulante



A grande vantagem do GoA4 é que a disponibilidade (e a localização) dos trens está desvinculada da disponibilidade (e a localização) dos operadores

Fonte: *Strategic implications of Unattended Train Operation – CoMET 2013 Case Study – 2013 Annual Meeting, Santiago – CEO Day.*

Sistema de Gestão de Documentação (SGD)

- Levantamento realizado em 18/03/2019:
- Total de 489 Procedimentos Operacionais (PO) implantados.
- Total de 193 Manuais Operacionais (MO) implantados.
- Histórico de 822 Comunicados (COM) desde 2006 (todos já cancelados, exceto um implantado válido até 30/04/2019 sobre Pesquisa Avaliação de Serviço).



Link de acesso ao portal do SGD:
<http://gopsgd.metroweb.sp.gov.br/>



Fonte: Sistema de Gestão de Documentação - SGD

Classificação dos procedimentos operacionais implantados na CMSP

CLASSIFICAÇÃO DO PO	QTY DE PO
VIA E SALA TÉCNICA	54
PÁTIO	51
ADMINISTRAÇÃO DO POSTO	43
SUBESTAÇÃO GERAL	36
ESTRATÉGIAS OPERACIONAIS	35
TERCEIRO TRILHO E REDE AÉREA	28
ROTINAS DE SEGURANÇA	22
PA	19
TREM-VIA	17
ARRECADAÇÃO	13
EQUIPAMENTOS AUXILIARES	10
SUBESTAÇÃO RETIFICADORA	10
SUBESTAÇÃO AUXILIAR	9
TREM-GERAL	9
ADMINISTRAÇÃO DE PESSOAL	7
CCO	7
COMPUTADORES - EQUIPAMENTOS	7
CONTROLE DE FLUXO NA ESTAÇÃO	7
DETECÇÃO DE INCÊNDIO	7
OCORRÊNCIAS OPERACIONAIS	7
SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA	7
SUBESTAÇÕES RETIFICADORAS E AUXILIARES	7

COMUNICAÇÃO FORMAL	6
SISTEMA DE FALHAS	6
TREM-PÁTIO	6
"SOFTWARE"	5
EQUIPAMENTOS DE FLUXO	5
TELEFONIA E SINALIZAÇÃO	5
"NO BREAK"	4
ATENDIMENTO AO USUÁRIO	4
CAMPANHAS	4
FLUXO DE USUÁRIOS	4
HIDRÁULICA	4
RÁDIO	4
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	4
VENTILAÇÃO	4
CONVIVÊNCIA OPERACIONAL ENTRE EMPRESAS	2
FISCALIZAÇÃO DE BILHETES	2
ILUMINAÇÃO	2
ÁREAS AJARDINADAS	1
DTS / STD	1
EVENTOS	1
INTEGRAÇÃO	1
LIMPEZA	1
PUBLICIDADE	1
QUANTIDADE TOTAL DE PO	489

Fonte: Sistema de Gestão de Documentação - SGD

	DESCRIÇÃO DO PO	Nº REVISÕES
1	PROGRAMAÇÃO DA OFERTA DE TRENS	266
2	EMISSION DE PA - TESTES NO SISTEMA NA LINHA 15-PRATA	105
3	EMISSION DE PA - TESTES DE CBTC NA LINHA 5- LILÁS	44
4	EMISSION DE PA - OBRAS NA LINHA 4 - AMARELA	40
5	EMISSION DE PA - MODERNIZAÇÃO - IMPLANTAÇÃO DE CBTC NA LINHA 2-VERDE	32
6	EMISSION DE PA - TESTES NO SISTEMA DA LINHA 15-PRATA	29
7	UTILIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE SINALIZAÇÃO E VIA PERMANENTE DA L15 - PRATA	29
8	ESTRATÉGIA DE OPERAÇÃO DA LINHA 1-AZUL	27
9	RETIRADA DE OBJETO DA VIA	27
10	BILHETES	26

Novos empreendimentos, novas linhas, novos sistemas

Fonte: Sistema de Gestão de Documentação - SGD

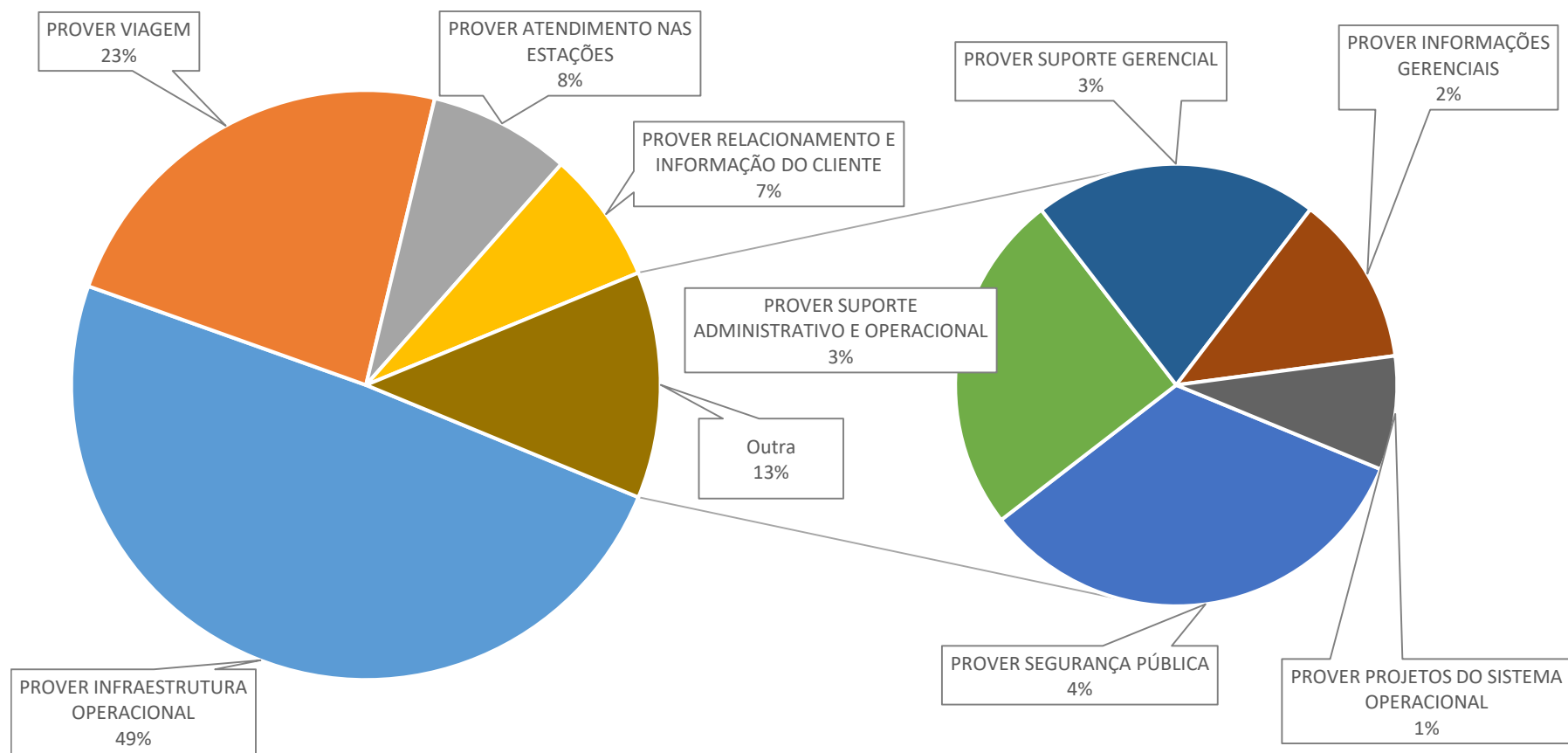
Manuais operacionais vigentes na CMSP divididos por macroprocessos

MACROPROCESSOS / CATEGORIAS	QTY MO
PROVER ATENDIMENTO NAS ESTAÇÕES	15
"SOFTWARE"	1
ARRECADACÃO	5
CONTROLE DE FLUXO NA ESTAÇÃO	3
EQUIPAMENTOS DE FLUXO	1
FISCALIZAÇÃO DE BILHETES	1
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	3
VENDA DE BILHETES	1
PROVER INFORMAÇÕES GERENCIAIS	3
"SOFTWARE"	1
COMPUTADORES / EQUIPAMENTOS	1
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	1
PROVER INFRAESTRUTURA OPERACIONAL	95
"NO BREAK"	1
ADMINISTRAÇÃO DO POSTO	3
CCO	11
DETECÇÃO DE INCÊNDIO	10
DTS / STD	1
EQUIPAMENTOS AUXILIARES	11
EQUIPAMENTOS DE FLUXO	3
FLUXO DE USUÁRIOS	4
HIDRÁULICA	5
LIMPEZA	1
PÁTIO	4
RÁDIO	1
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	5
SUBESTAÇÃO AUXILIAR	2
SUBESTAÇÃO GERAL	10
SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA	1
SUBESTAÇÃO RETIFICADORA	1
TELEFONIA E SONORIZAÇÃO	4
VENTILAÇÃO	7
VIA E SALA TÉCNICA	10
PROVER PROJETOS DO SISTEMA OPERACIONAL	2
ADMINISTRAÇÃO DO POSTO	1
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	1

PROVER RELACIONAMENTO E INFORMAÇÃO DO CLIENTE	14
ATENDIMENTO AO USUÁRIO	3
FLUXO DE USUÁRIOS	2
PA	1
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	5
TELEFONIA E SONORIZAÇÃO	3
PROVER SEGURANÇA PÚBLICA	8
ROTINAS DA SEGURANÇA	2
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	6
PROVER SUPORTE ADMINISTRATIVO E OPERACIONAL	6
ADMINISTRAÇÃO DE PESSOAL	1
ADMINISTRAÇÃO DO POSTO	3
ÁREAS AJARDINADAS	1
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	1
PROVER SUPORTE GERENCIAL	5
ADMINISTRAÇÃO DO POSTO	1
PUBLICIDADE	1
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	2
TELEFONIA E SONORIZAÇÃO	1
PROVER VIAGEM	45
"SOFTWARE"	1
ADMINISTRAÇÃO DO POSTO	2
CCO	4
ESTRATÉGIAS OPERACIONAIS	1
ILUMINAÇÃO	1
INTEGRAÇÃO	2
OCORRÊNCIAS OPERACIONAIS	1
PÁTIO	2
RÁDIO	4
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	3
SUBESTAÇÃO AUXILIAR	1
TREM-GERAL	10
VIA E SALA TÉCNICA	13
Total Geral	193

Fonte: Sistema de Gestão de Documentação - SGD

Manuais operacionais vigentes na CMSP divididos por macroprocessos



Fonte: Sistema de Gestão de Documentação - SGD



Fonte: Esboço GPR/PRE/CSS

Modo de Operação Normal:

Todos os sistemas e subsistemas estão operando normalmente conforme projeto

Sem ocorrência de nenhum tipo de falha ou desastre natural.

Modo de Operação Degradado:

Alguns sistemas ou subsistemas não operam conforme projeto

- Falhas humanas
- Desastres naturais
- Outros fatores

Exigem uma ação operacional, mas sem representar ameaça à segurança das pessoas ou graves danos materiais.

Modo de Manutenção:

Manutenção preventiva ou operação durante o período de implantação dos sistemas.

Modo de Operação de Emergência:

Ocorrência operacional anormal com danos a equipamentos e/ou à saúde e segurança humana

Evento inesperado muito grave que pode provocar riscos de vida ou implicações de perda extrema, requerendo atenção imediata.

Fonte: Esboço GPR/PRE/CSS

Sistemas

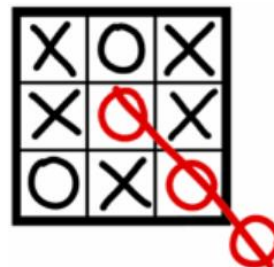
Cenário	Riscos
Normal	47
Emergência	27
Degradado	18
Manutenção	12
Normal / Degradado	1
Degradado / Emergência	1

106

Civil

Cenário	Riscos
Normal	48
Emergência	38
Manutenção	29
Degradado	6
Degradado / Emergência	1

122



Inovar? Verificar se existe a possibilidade de ações mitigatórias de riscos por **Sistemas** para alguns cenários exclusivos de riscos de **Civil**

Fonte: Relatório de 2015 de Análise Preliminar de Riscos (APR) para a Linha 6 – Laranja. Consórcio Move 6 São Paulo (AN-6.89.XX.XX/4XX-050).

Análise preliminar de riscos versus cenários operacionais

Agrupamento de falhas / defeitos / ocorrências em **Sistemas** por tipo de cenários:

Normal	47
Portas de Plataforma	13
Rede Aérea	2
SCADA	2
Sinalização e Controle	23
Sistema de Alimentação Elétrica	5
Sistema de Monitoração Eletrônica (SME)	2

Degradado	18
Portas de Plataforma	1
SCADA	4
Sinalização e Controle	7
Sistema de Controle de Acesso	6

Manutenção	12
Rede Aérea	2
SCADA	1
Sinalização e Controle	2
Sistema de Alimentação Elétrica	6
Veículo de Manutenção	1

Emergência	27
Centro de Controle	1
Portas de Plataforma	1
Rede de Transmissão de Dados	2
SCADA	6
Sinalização e Controle	2
Sistema de Alimentação Elétrica	2
Sistema de Comunicação Móveis (SCM)	1
Sistema de Comunicações Fixas (SCF/Telefonia)	1
Sistema de Comunicações Móveis / Rede Wifi	1
Sistema de Monitoração Eletrônica (SME)	2
Sistema de Multimídia (SMM/Áudio)	1
Sistema de Multimídia (SMM/Vídeo)	1
Túnel	1
Ventilação Principal	5

Degradado / Emergência	1
Sinalização e Controle	1

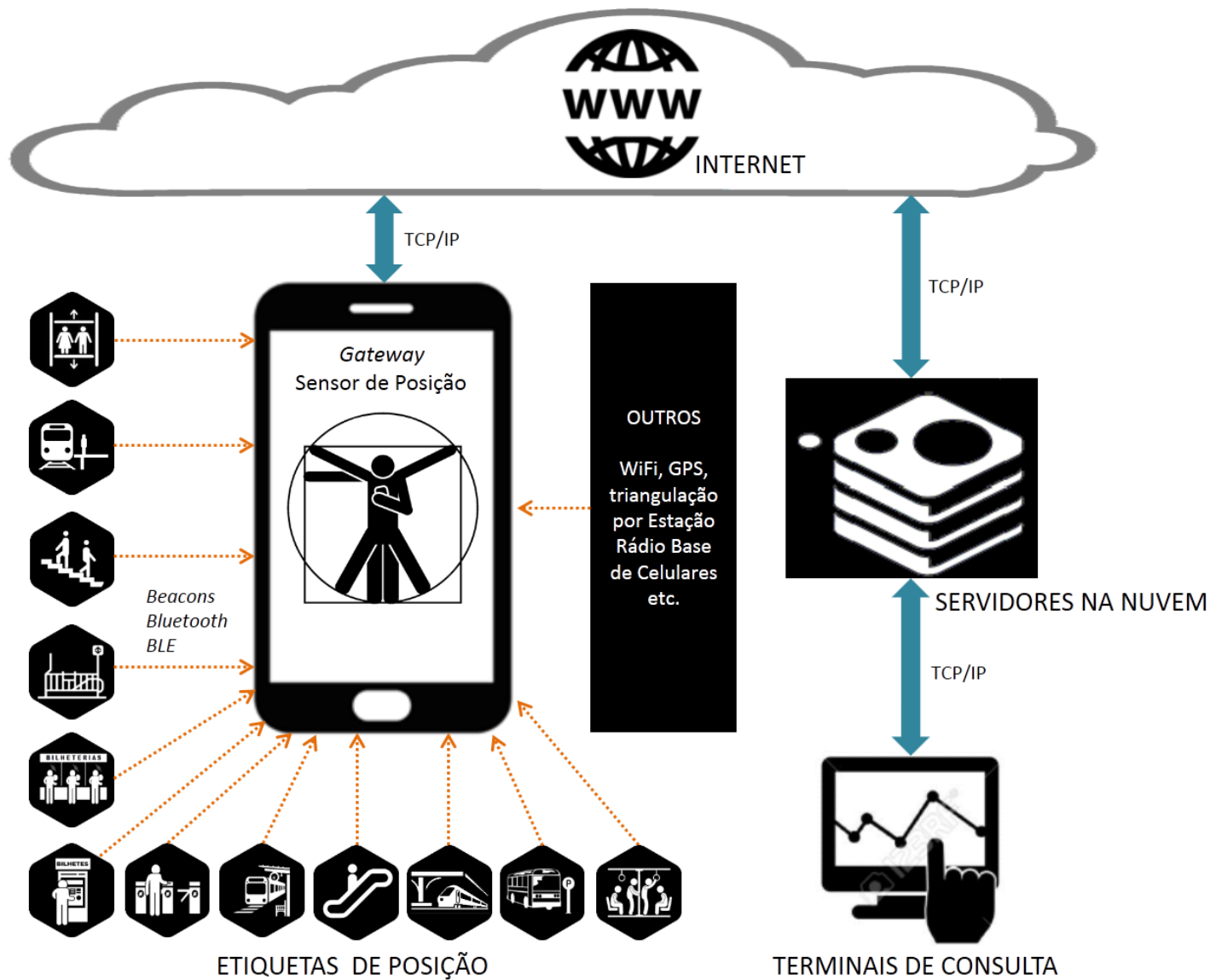
Normal / Degradado	1
Sinalização e Controle	1

Fonte: Relatório de 2015 de Análise Preliminar de Riscos (APR) para a Linha 6 – Laranja. Consórcio Move 6 São Paulo (AN-6.89.XX.XX/4XX-050).

Exemplos de mudança de funções em função da mudança de cenário



Fonte: *Internet*



- Uso da informações georeferenciadas, e em tempo real, do fluxo de usuários para melhor planejamento da oferta de transportes
- O passageiro como partícipe no aprimoramento da qualidade de serviço dos transportes, fazendo denúncias e apontando pontos de melhoria automaticamente georeferenciados nos trens e estações
- Big data aliado com inteligência artificial identificando padrões e tendências no fluxo de passageiros e nas imagens

MUDANÇA CULTURAL

MAIS COLABORAÇÃO

MAIS PREDIÇÃO

TRILHOS: EFICIÊNCIA E NOVOS RUMOS



Obrigado!

Coordenador Eng. Rubens Navas Borloni
Supervisor Eng. Felipe Copche
Supervisor Eng. Mônica Aparecida Pilão dos Santos



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Projetos de Sinalização e Controle
Metrô de São Paulo | Secretaria de Transportes Metropolitanos
Rua Augusta, 1626 - 8º Andar
Cerqueira César - São Paulo - SP

