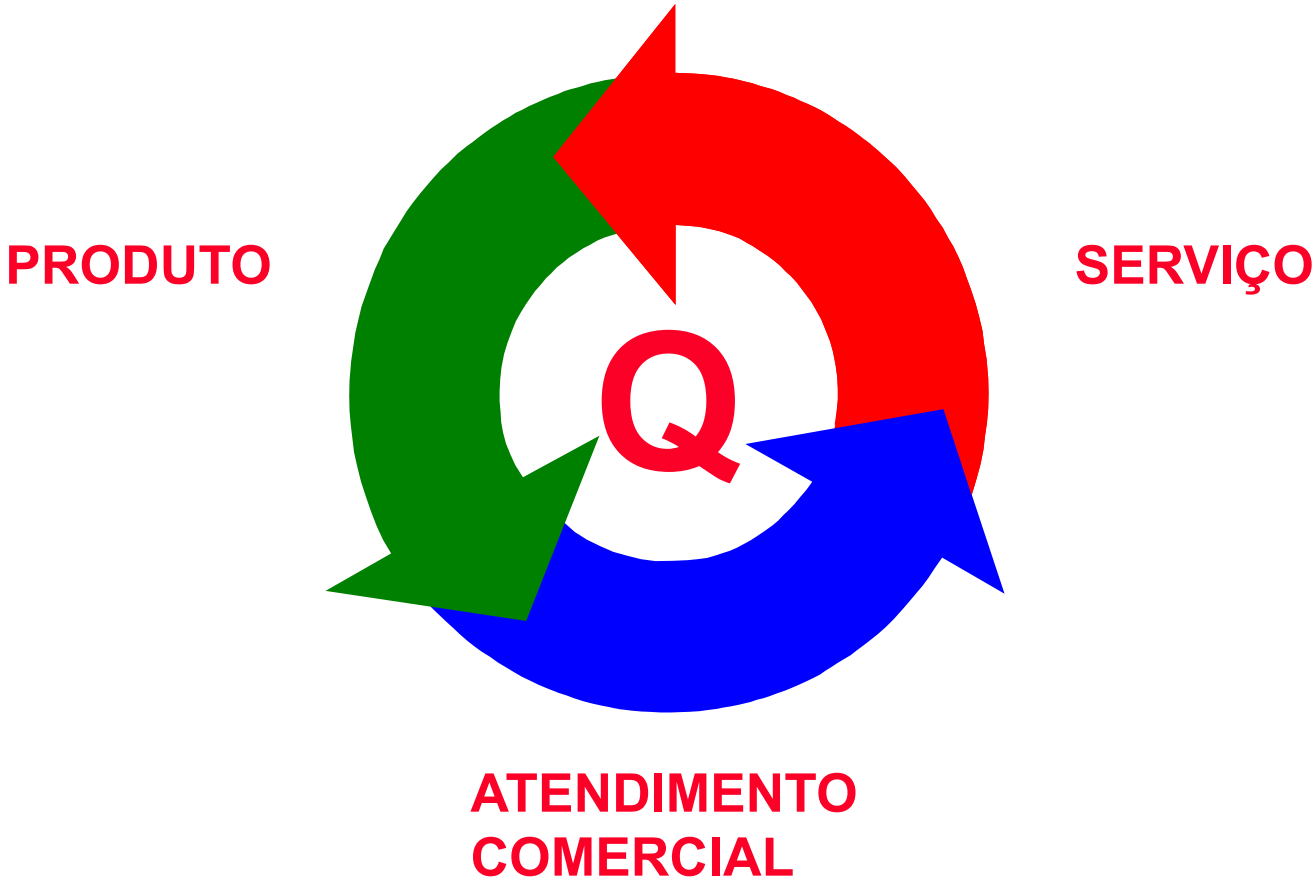
Disciplina PEA5705
Análise de Redes de Elétricas Inteligentes

Confiabilidade de Sistemas de Distribuição

Profs. Nelson Kagan & Carlos Frederico M. Almeida

Qualidade de Energia



POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Qualidade Comercial

Anexo III - REN 414 Qualidade do Atendimento Comercial	
Descrição	**Padrão**
Prazo máximo de vistoria de UC, área urbana	3 dias úteis
Prazo máximo de vistoria de UC, área rural	5 dias úteis
Prazo máximo de ligação de UC grupo B, área urbana, a partir da data da aprovação das instalações	2 dias úteis
Prazo máximo de ligação de UC grupo B, área rural, a partir da data da aprovação das instalações	5 dias úteis
Prazo máximo de ligação de UC grupo A, a partir da data da aprovação das instalações	7 dias úteis
Prazo máximo para elaborar estudos, orçamentos e projetos e informar ao interessado, por escrito, quando da necessidade de realização de obras para viabilização do fornecimento	30 dias
Prazo máximo de inicio de obras, satisfeitas, pelo interessado, as condições estabelecidadas na legislação e normas aplicáveis	45 dias
Prazo máximo para informar ao interessado o resultado da análise do projeto após sua apresentação.	30 dias
Prazo máximo para reanálise do projeto quando de reprovação por falta de informação da distribuidora na análise anterior.	10 dias
Prazo máximo para o atendimento de solicitações de aferição dos medidores e demais equipamentos de medição.	30 dias
Prazo máximo para religação sem ônus para o consumidor quando constatada a suspensão indevida do fornecimento.	4 horas
Prazo máximo de atendimento a pedidos de religação para UC localizada em área urbana, quando cessado o motivo da suspensão.	24 horas

REI
teligentes

Qualidade Comercial

Anexo III - REN 414 Qualidade do Atendimento Comercial	
Descrição	**Padrão**
Prazo máximo de atendimento a pedidos de religação para UC localizada em área rural, quando cessado o motivo da suspensão.	48 horas
Prazo máximo de atendimento a pedidos de religação de urgência em área urbana, quando cessado o motivo da suspensão.	4 horas
Prazo máximo de atendimento a pedidos de religação de urgência em área rural, quando cessado o motivo da suspensão.	8 horas
Prazo máximo para informar por escrito ao consumidor a relação de todos os seus atendimentos comerciais.	30 dias
Prazo máximo para verificação de equipamento em processo de ressarcimento de dano elétrico	10 dias
Prazo máximo para verificação de equipamento utilizado no acondicionamento de alimentos perecíveis ou de medicamentos em processo de ressarcimento de dano elétrico.	1 dia útil
Prazo máximo para informar por escrito ao consumidor o resultado da solicitação de ressarcimento de dano elétrico, contados a partir da data da verificação ou, na falta desta, a partir da data da solicitação de ressarcimento.	15 dias
Prazo máximo para efetuar o ressarcimento de dano elétrico ao consumidor por meio do pagamento em moeda corrente, ou o conserto ou substituição do equipamento danificado, após a informação ao consumidor do resultado da solicitação de ressarcimento de dano elétrico.	20 dias

Qualidade do Serviço

✓ Indicadores Individuais

DIC *Duração de interrupção individual por unidade consumidora (horas):* $DIC = \sum_{i=1}^{n} t(i)$	**FIC** *Frequência de interrupção individual por unidade consumidora (No. de interrupções)* $FIC = n$
DMIC *Duração máxima de interrupção individual por unidade consumidora no período de análise (horas):* $DMIC = t(i)\max$	**DICRI** *Duração da Interrupção Individual ocorrida em dia crítico por Unidade Consumidora (horas):* $DICRI = t_{CRÍTICO}$

i =Índice de interrupções da unidade consumidora, no período de apuração

n =Número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração

$t(i)$ =Duração de cada interrupção (i) da unidade consumidora considerada, no período de apuração

$t(i)\max$ =Tempo da máxima duração de interrupção contínua (i), no período de apuração

$t_{CRÍTICO}$ =Duração da interrupção ocorrida em dia crítico

POLI USP

NAPREI Redes Elétricas Inteligentes

Qualidade do Serviço

✓ Indicadores Coletivos

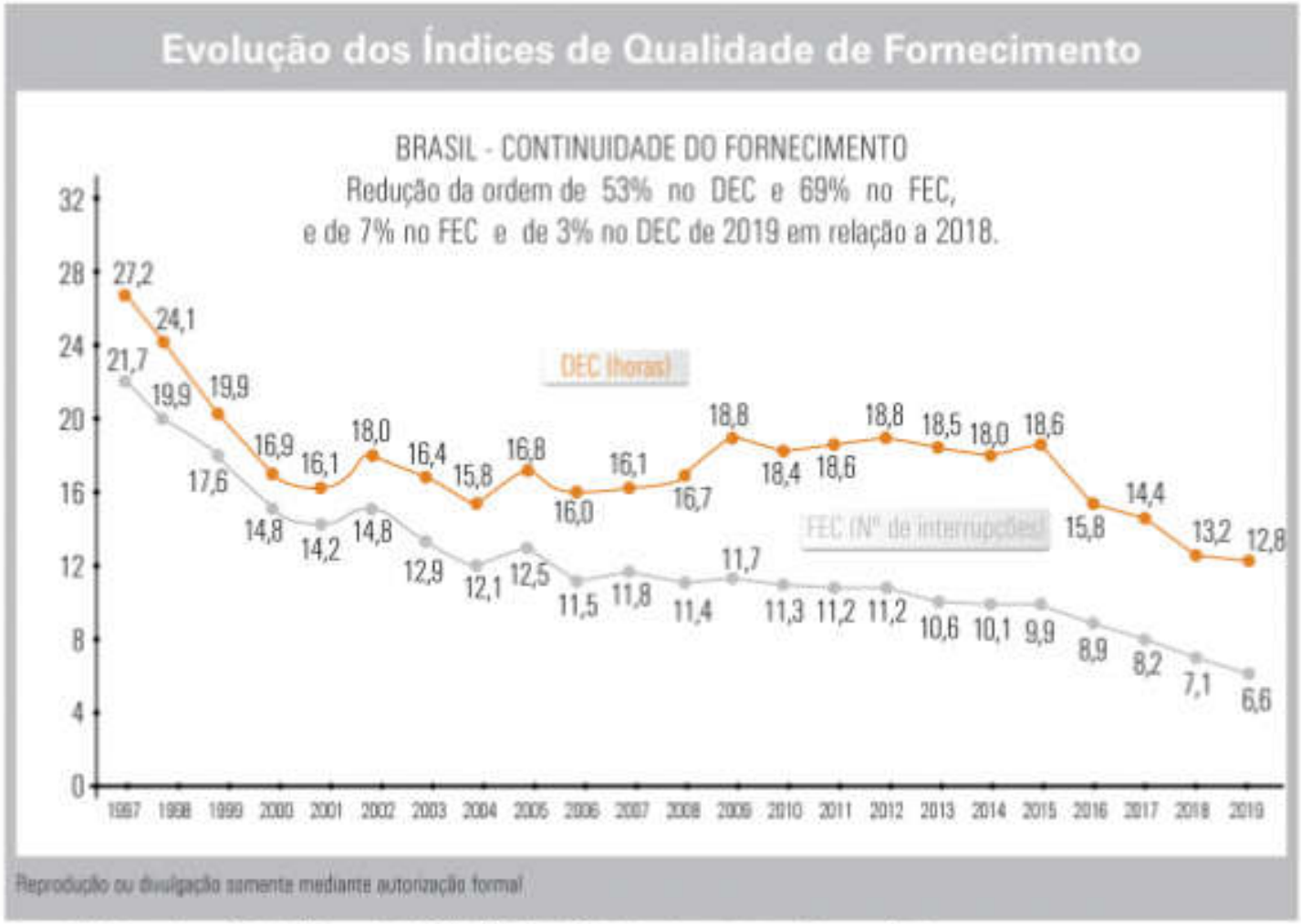
DEC Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora (horas): $DEC = \dfrac{\sum_{i=1}^{Cc} DIC(i)}{Cc}$	**FEC** Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora (No. interrupções): $FEC = \dfrac{\sum_{i=1}^{Cc} FIC(i)}{Cc}$

k = No. total de eventos no período de análise
$Ca(i)$ = No. de consumidores interrompidos em um evento i
$t(i)$ = Duração do evento i
Cc = No. total de usuários

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Evolução da Qualidade do Serviço



Fonte: ANEEL (extraído em 15.06.2020; a partir de 2006 COM EXPURGO de dia crítico e de situação de emergência)

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Evolução dos Indicadores Coletivos de Alguns países da Europa

FIGURE 2.1 OVERALL PLANNED AND UNPLANNED LONG INTERRUPTIONS (MINUTES LOST PER YEAR)

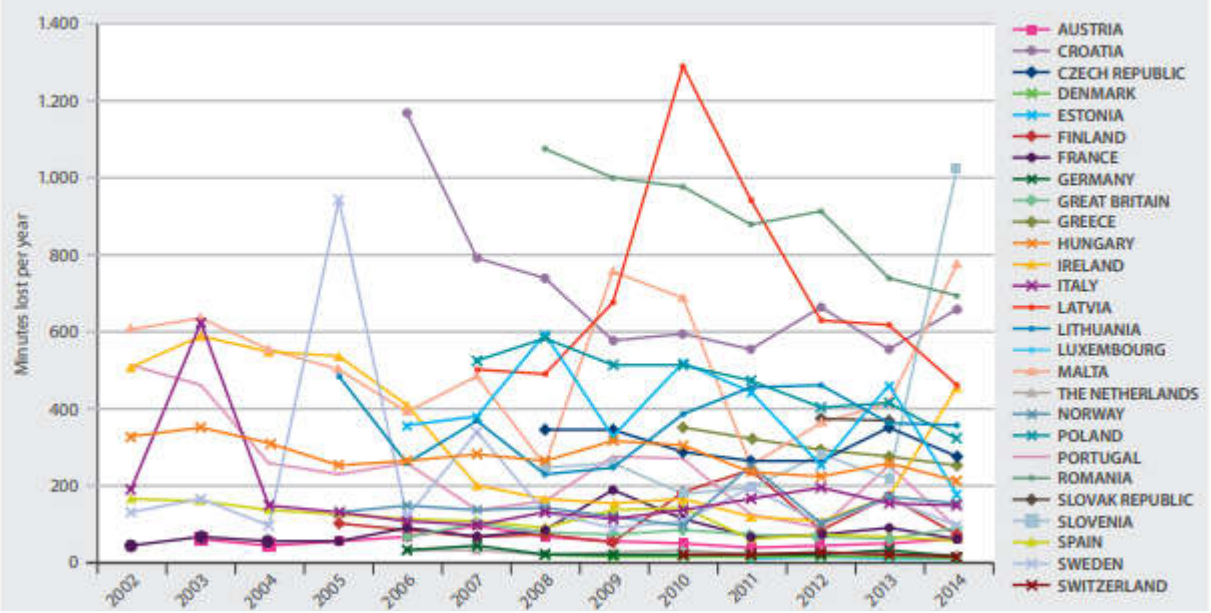
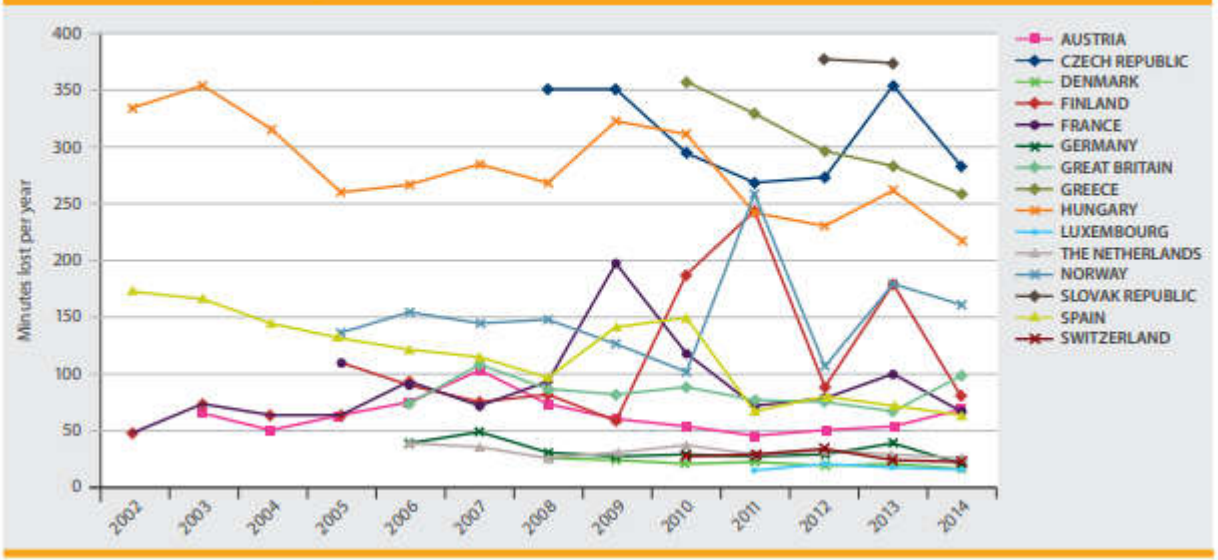


FIGURE 2.2 OVERALL PLANNED AND UNPLANNED LONG INTERRUPTIONS (MINUTES LOST PER YEAR); ONLY COUNTRIES NOT EXCEEDING 400 MINUTES



Redes Elétricas Inteligentes

Evolução dos Indicadores Coletivos de Alguns países da Europa

FIGURE 2.3 OVERALL PLANNED AND UNPLANNED LONG INTERRUPTIONS (NUMBER OF INTERRUPTIONS PER YEAR)

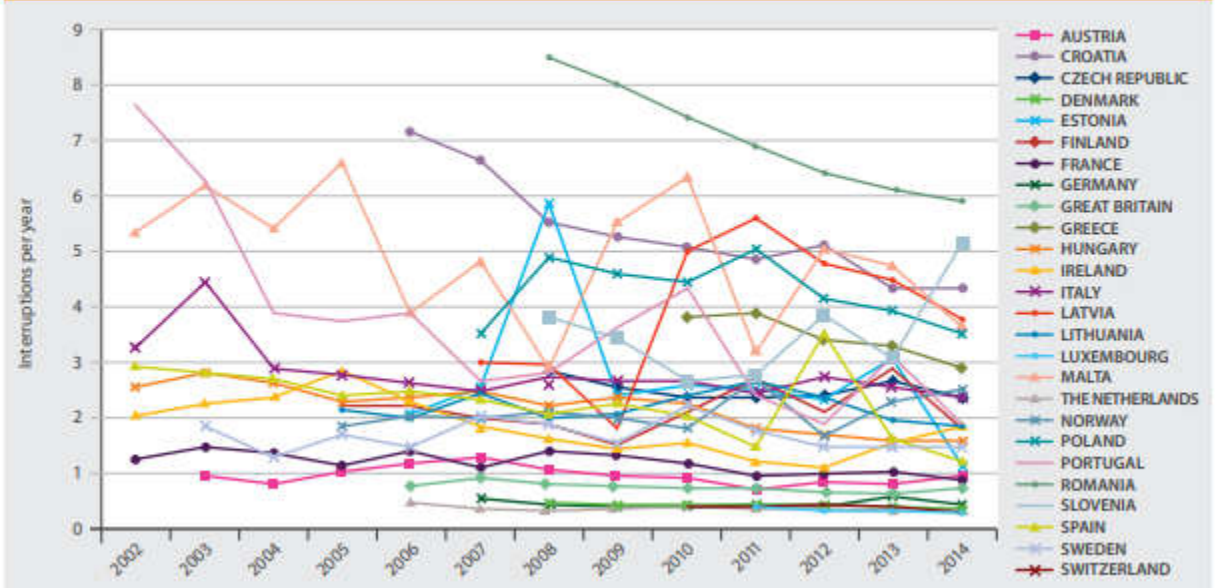
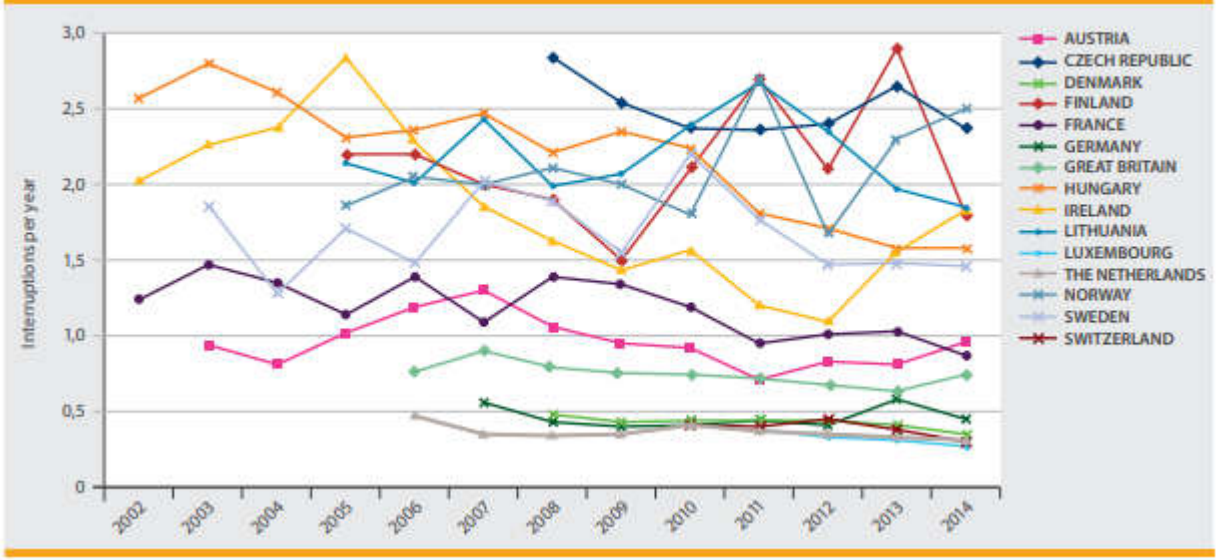


FIGURE 2.4 OVERALL PLANNED AND UNPLANNED LONG INTERRUPTIONS (NUMBER OF INTERRUPTIONS PER YEAR); ONLY COUNTRIES NOT EXCEEDING 3 INTERRUPTIONS



Redes Elétricas Inteligentes

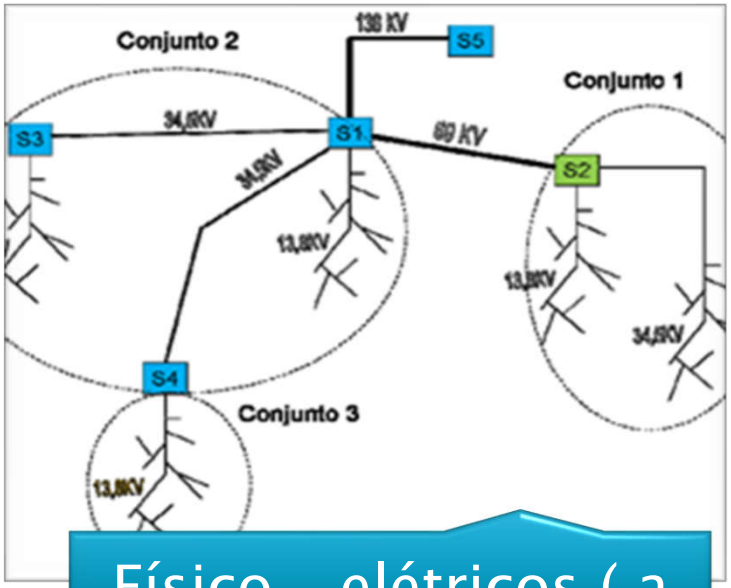
Outros Indicadores Internacionais

INDICADORES	DESCRIÇÃO	PAÍS
CMI	*Customer Minutes Lost*	Reino Unido
CI	*Customer Interruptions*	Reino Unido
ENS	*Energy Not Supplied*	Áustria, Dinamarca, França, Itália, Luxemburgo, Noruega, Romênia, Suécia
TIEPI	*Tiempo de interrupción equivalente de la potencia instalada*	Espanha, Portugal
NIEPI	*Número de interrupciones equivalente de la potencia instalada*	Espanha, Portugal
END	*Energy Not Distributed*	Portugal
AIT	*Average Interruption Time*	Bélgica, França, Itália, Luxemburgo, Portugal, Romênia, Suécia
AIF	*Average Interruption Frequency*	Bélgica
AID	*Average Interruption Duration*	Bélgica
SARI	*System Average Restoration Index*	Portugal
ASIDI	*Average System Interruption Duration Index (kVA)*	Áustria
ASIFI	*Average System Interruption Frequency Index (kVA)*	Áustria

Metas de Qualidade

- ✓ A metodologia da ANEEL usou a base de dados dos conjuntos de 2007 e 2008
- ✓ A partir de 2011 mudaram o número de conjuntos de unidades consumidoras e as características dos agrupamentos

Áreas contiguas (2000 até 2010)



Físico – elétricos (a partir de 2011)

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Metas de Qualidade

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

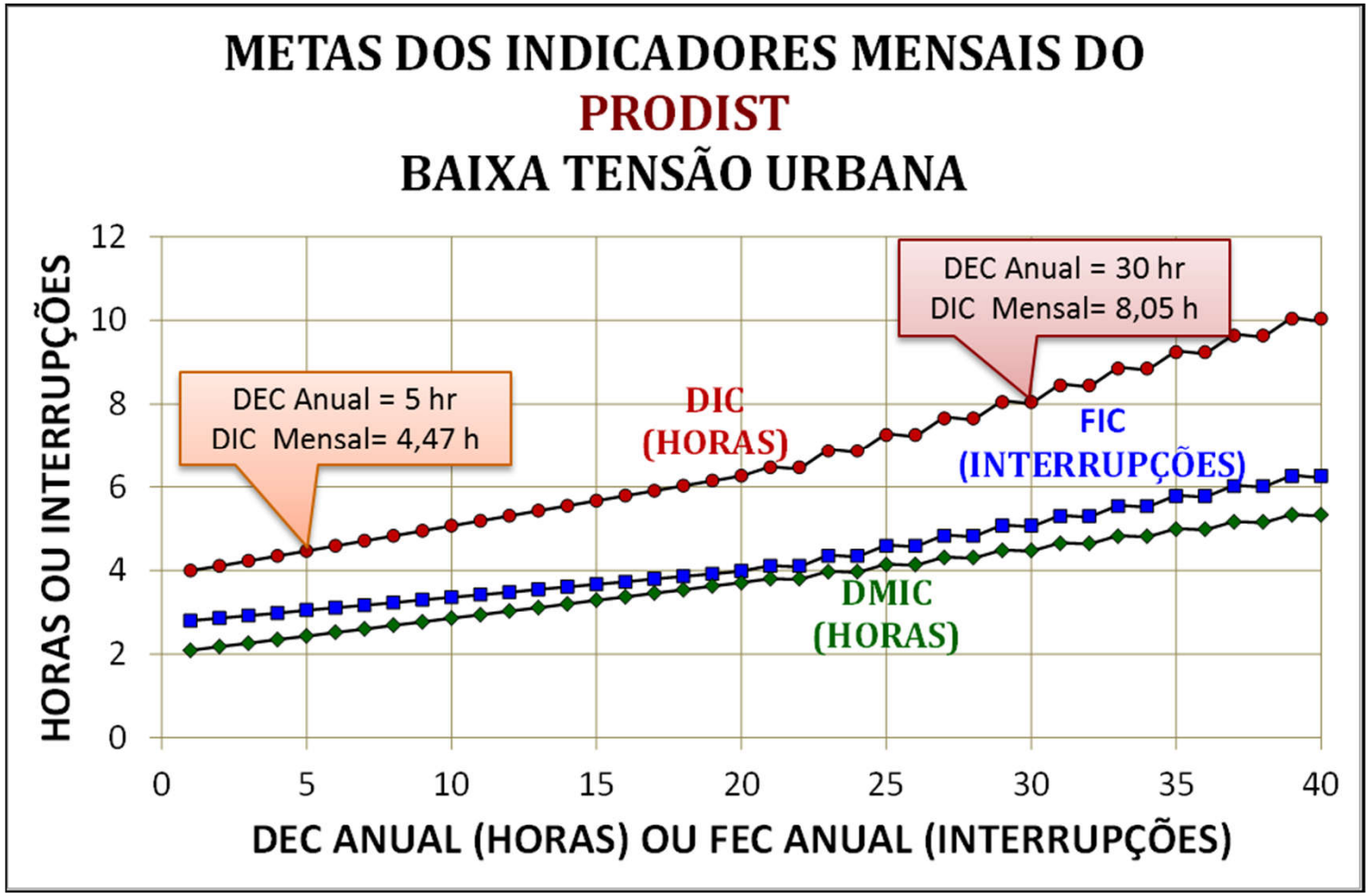
Procedimentos de Distribuição

Assunto:	Seção:	Revisão:	Data de Vigência:	Página:
Qualidade do Serviço	8.2	7	01/01/2016	72 de 76

Tabela 5

Faixa de variação dos Limites Anuais de Indicadores de Continuidade dos Conjuntos (DEC ou FEC)	Limite de Continuidade por Unidade Consumidora						
	Unidades Consumidoras com Tensão Contratada ≤ 1kV situadas em áreas não-urbanas						
	DIC (horas)			FIC (interrupções)			DMIC (horas)
	Anual	Trim.	Mensal	Anual	Trim.	Mensal	Mensal
1	36,00	18,00	9,00	28,00	14,00	7,00	4,57
2	36,57	18,28	9,14	28,29	14,14	7,07	4,67
3	37,15	18,57	9,28	28,59	14,29	7,14	4,77
4	37,73	18,86	9,43	28,89	14,44	7,22	4,87
5	38,30	19,15	9,57	29,19	14,59	7,29	4,97
6	38,88	19,44	9,72	29,49	14,74	7,37	5,07
7	39,46	19,73	9,86	29,79	14,89	7,44	5,17
8	40,03	20,01	10,00	30,09	15,04	7,52	5,28
9	40,61	20,30	10,15	30,39	15,19	7,59	5,38
10	41,19	20,59	10,29	30,69	15,34	7,67	5,48
11	41,76	20,88	10,44	30,98	15,49	7,74	5,58
12	42,34	21,17	10,58	31,28	15,64	7,82	5,68
13	42,92	21,46	10,73	31,58	15,79	7,89	5,78

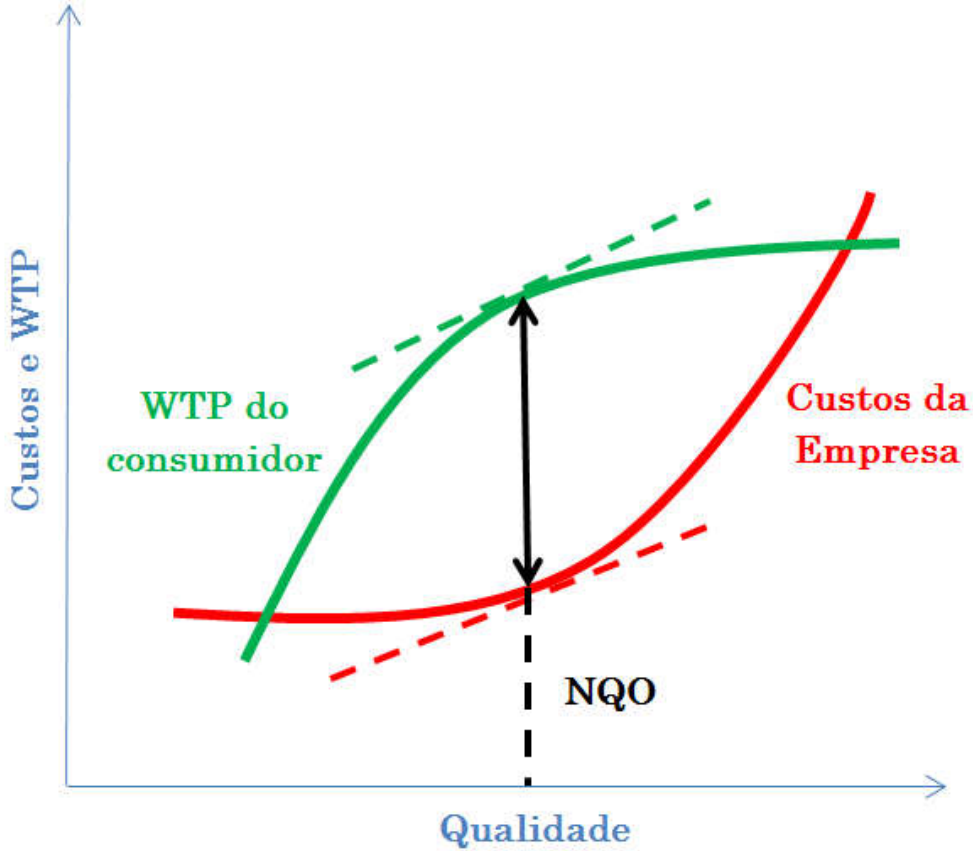
Metas de Qualidade

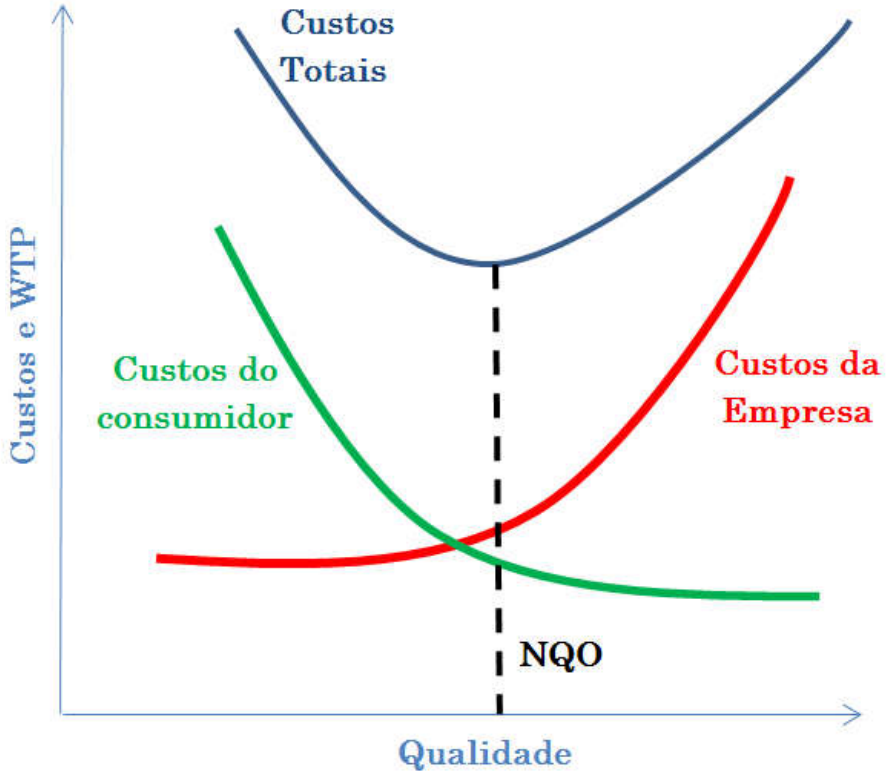


POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Políticas de Incentivos/Penalidades





Políticas de Incentivos/Penalidades

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Módulo 2: Revisão Tarifária Periódica das Concessionárias de Distribuição

- ✓ Componente de qualidade do serviço

$$Q = 0{,}70.\,Q_{Técnico} + 0{,}30.\,Q_{Comercial}$$

Submódulo 2.5

FATOR X

Revisão	Motivo da revisão	Instrumento de aprovação pela ANEEL	Data de Vigência
1.0	Primeira versão aprovada (após realização da AP 40/2010)	Resolução Normativa nº 457/2011, de 08/11/2011.	11/11/2011 a 23/12/2014
1.1	Primeira revisão	Resolução Normativa nº 640/2014, de 16/12/2014.	24/12/2014 a 05/05/2015
2.0	Segunda revisão (após realização da AP 23/14)	Resolução Normativa nº 660/2015, de 28/04/2015.	06/05/2015 em diante

Proret
Procedimentos de Regulação Tarifária

Políticas de Incentivos/Penalidades

Sigla Indicador	Indicador	Definição	Padrões Estabelecidos para Atendimento	Distribuidoras Avaliadas	Regulamentação
Comerciais					
FER	Frequência Equivalente de Reclamação	Frequência equivalente de reclamações a cada mil unidades consumidoras	Valor máximo definido para cada Distribuidora	Todas	REN nº 574/2012
IASC	Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor	Resultado de pesquisa de avaliação do grau de satisfação do consumidor residencial com os serviços prestados	Valor mínimo de 70	Todas	
INS	Indicador de Nível de Serviço do Atendimento Telefônico	Relação das chamadas atendidas pelas chamadas recebidas menos abandonadas	Valor maior ou igual a 85%	Aquelas com mais de 60 mil unidades	Art. 188 da REN nº 414/2010
IAb	Indicador de Abandono do Atendimento Telefônico	Relação das chamadas abandonadas sobre recebidas menos abandonadas	Valor menor ou igual a 4%	Aquelas com mais de 60 mil unidades	Art. 188 da REN nº 414/2010
ICO	Indicador de Chamadas Ocupadas do Atendimento Telefônico	Relação das chamadas ocupadas sobre oferecidas	Valor menor ou igual a: 4% até 2014; 2% a partir de 2015	Aquelas com mais de 60 mil unidades	Art. 188 da REN nº 414/2010
Técnicos					
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora	Tempo que uma UC ficou sem energia elétrica para certo período	Valor máximo definido para cada Distribuidora	Todas	Módulo 8 do PRODIST
FEC	Freqüencia Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora	Número de vezes que uma UC ficou sem energia elétrica para certo período	Valor máximo definido para cada Distribuidora	Todas	Módulo 8 do PRODIST

- ✓ Distribuidoras com mais de 60 mil Unidades Consumidoras

$$Q = 0{,}50.\,Q_{DEC} + 0{,}20.\,Q_{FEC} + 0{,}10.\,Q_{FER} + 0{,}10.\,Q_{IASC} + 0{,}04.\,Q_{INS} + 0{,}03.\,Q_{IAb} + 0{,}03.\,Q_{ICO}$$

- ✓ Distribuidoras com menos de 60 mil Unidades Consumidoras

$$Q = 0{,}50.\,Q_{DEC} + 0{,}20.\,Q_{FEC} + 0{,}15.\,Q_{FER} + 0{,}15.\,Q_{IASC}$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Políticas de Incentivos/Penalidades

Para maiores detalhes sobre a apuração do ranking 2019, consultar a Nota Técnica nº 17/2020-SRD/ANEEL, de 20/04/2020.

Tabela I – Indicador de Desempenho Global de Continuidade: número de unidades consumidoras maior que 400.000.

Posição no Ranking	DGC	Sigla	Empresa	Região
1º	0,61	CPFL Santa Cruz	COMPANHIA JAGUARI DE ENERGIA	SE
2º	0,65	Equatorial PA	EQUATORIAL PARÁ DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.	NO
2º	0,65	EMG	ENERGISA MINAS GERAIS - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.	SE
4º	0,66	ESS	ENERGISA SUL-SUDESTE - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.	SE
5º	0,67	EMT	ENERGISA MATO GROSSO - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.	CO
5º	0,67	ETO	ENERGISA TOCANTINS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.	NO
7º	0,68	EPB	ENERGISA PARAÍBA - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A	NE
8º	0,70	CEMAR	COMPANHIA ENERGÉTICA DO MARANHÃO	NE
8º	0,70	COSERN	COMPANHIA ENERGÉTICA DO RIO GRANDE DO NORTE	NE
8º	0,70	ESE	ENERGISA SERGIPE - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A	NE
11º	0,72	EMS	ENERGISA MATO GROSSO DO SUL - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.	CO
12º	0,76	CELPE	COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO	NE
13º	0,77	COELBA	COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA	NE
14º	0,78	EDP ES	ESPÍRITO SANTO DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA S.A.	SE
15º	0,80	CPFL-PAULISTA	COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ	SE
15º	0,80	ELEKTRO	ELEKTRO REDES S.A.	SE
15º	0,80	ENEL SP	ELETROPAULO METROPOLITANA ELETRICIDADE DE SÃO PAULO S.A.	SE
18º	0,83	EDP SP	EDP SÃO PAULO DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA S.A.	SE
19º	0,85	COPEL-DIS	COPEL DISTRIBUIÇÃO S.A.	SU
20º	0,86	LIGHT	LIGHT SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S A	SE
20º	0,86	CEMIG-D	CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A.	SE
22º	0,89	CPFL- PIRATININGA	COMPANHIA PIRATININGA DE FORÇA E LUZ	SE
23º	0,91	CELESC-DIS	CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A.	SU
24º	1,01	RGE	RGE SUL DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A.	SU
25º	1,07	CEB DIS	CEB DISTRIBUIÇÃO S.A.	CO
26º	1,09	ENEL CE	COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ	NE
27º	1,21	ENEL RJ	AMPLA ENERGIA E SERVIÇOS S.A.	SE
28º	1,40	ENEL GO	CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.	CO
29º	1,52	CEEE-D	COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CEEE-D	SU

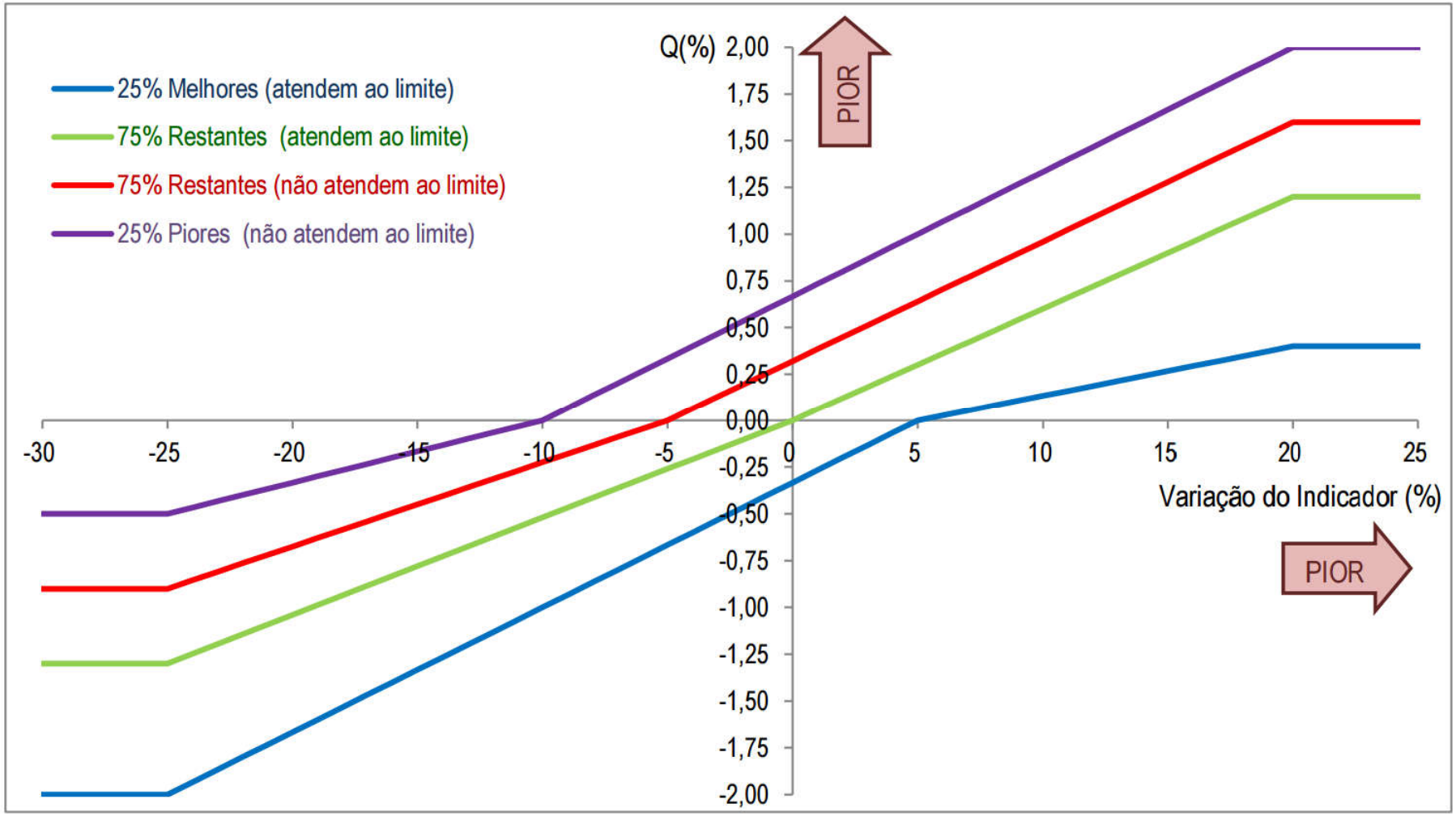
JAPREI
edes Elétricas Inteligentes

Políticas de Incentivos/Penalidades

Prêmio iasc 2018 Concessionárias		
Categoria de Premiação	Concessionárias em ordem alfabética (razão social – nome fantasia ou sigla)	Nota
Norte	Energisa Tocantins Distribuidora de Energia S.A. - Energisa Tocantins	62,98
Nordeste	Energisa Borborema Distribuidora de Energia S.A. - Energisa Borborema	73,12
Centro-Oeste acima de 30 mil unidades consumidoras	Energisa Mato Grosso do Sul Distribuidora de Energia S.A. Energisa Mato Grosso do Sul	66,83
Sul, Sudeste e Centro-Oeste até 30 mil unidades consumidoras	Muxfeldt Marin & Cia. Ltda. - Mux Energia	82,16
Sul e Sudeste acima de 30 mil até 400 mil unidades consumidoras	Companhia Jaguari de Energia - CPFL Santa Cruz	76,47
Sudeste acima de 400 mil unidades consumidoras	Caiuá Distribuição de Energia S.A. - Energisa Sul-Sudeste	70,72
Sul acima de 400 mil unidades consumidoras	Copel Distribuição S.A. - Copel-Dis	74,13
Brasil Concessionárias até 400 mil unidades consumidoras	Muxfeldt Marin & Cia. Ltda. - Mux Energia	82,16
Brasil Concessionárias acima de 400 mil unidades consumidoras	Copel Distribuição S.A. - Copel-Dis	74,13
Maior crescimento concessionárias 2018/2017	Energisa Tocantins Distribuidora de Energia S.A. - Energisa Tocantins	39,49%

ANEEL
Agência Nacional de Energia Elétrica

Políticas de Incentivos/Penalidades



POLI USP

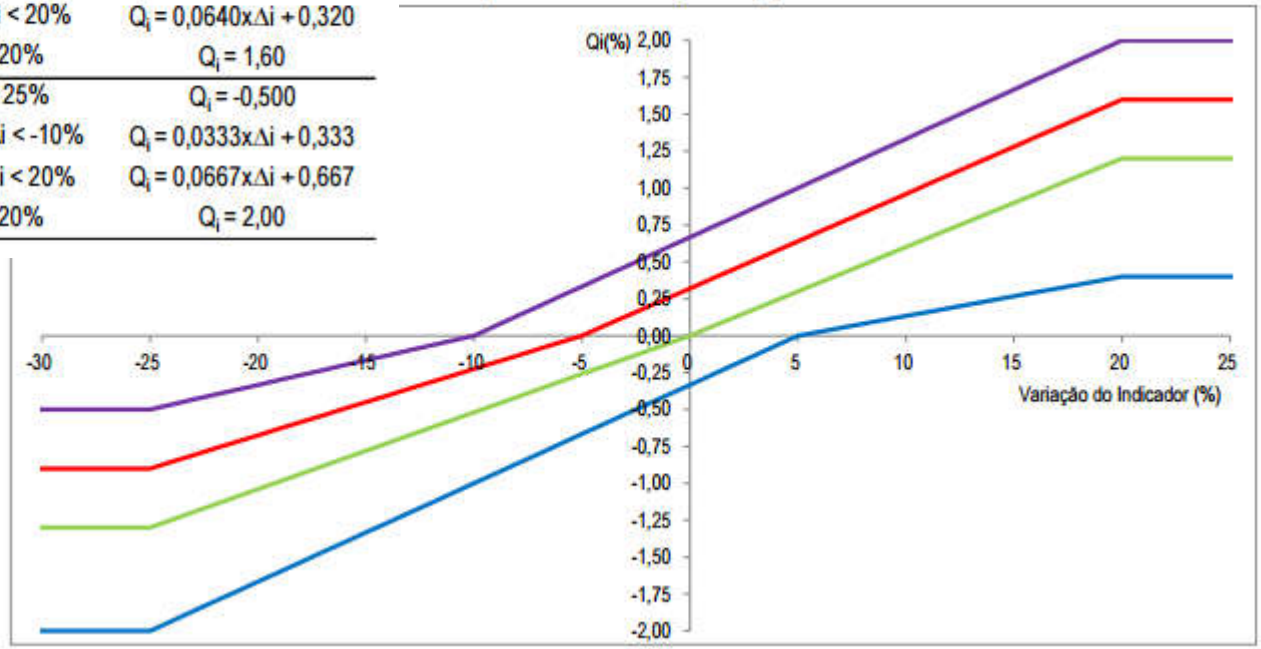
NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Políticas de Incentivos/Penalidades

Tabela I.1 – Equação e Parâmetros para as classes modelagem Indicador DEC

Classe	Faixa de variação	Curva
25% melhores (atendem ao padrão)	$\Delta i =< -25\%$	$Q_i = -2{,}00$
	$-25\% < \Delta i < 5\%$	$Q_i = 0{,}0667 x \Delta i - 0{,}333$
	$5\% < \Delta i < 20\%$	$Q_i = 0{,}0267 x \Delta i - 0{,}133$
	$\Delta i >= 20\%$	$Q_i = 0{,}400$
75% restantes (atendem ao padrão)	$\Delta i =< -25\%$	$Q_i = -1{,}30$
	$-25\% < \Delta i < 0\%$	$Q_i = 0{,}0520 x \Delta i$
	$0\% < \Delta i < 20\%$	$Q_i = 0{,}0600 x \Delta i$
	$\Delta i >= 20\%$	$Q_i = 1{,}20$
75% restantes (não atendem ao padrão)	$\Delta i =< -25\%$	$Q_i = -0{,}900$
	$-25\% < \Delta i < -5\%$	$Q_i = 0{,}0450 x \Delta i + 0{,}225$
	$-5\% < \Delta i < 20\%$	$Q_i = 0{,}0640 x \Delta i + 0{,}320$
	$\Delta i >= 20\%$	$Q_i = 1{,}60$
25% piores (não atendem ao padrão)	$\Delta i =< -25\%$	$Q_i = -0{,}500$
	$-25\% < \Delta i < -10\%$	$Q_i = 0{,}0333 x \Delta i + 0{,}333$
	$-10\% < \Delta i < 20\%$	$Q_i = 0{,}0667 x \Delta i + 0{,}667$
	$\Delta i >= 20\%$	$Q_i = 2{,}00$

Curvas para o modelo aplicado para o Indicador DEC



Políticas de Compensação

$$Valor_DIC = \left(\frac{DICv}{DICp} - 1\right) \times DICp \times \frac{EUSDmédio}{730} \times kei$$

$$Valor_FIC = \left(\frac{FICv}{FICp} - 1\right) \times DICp \times \frac{EUSDmédio}{730} \times kei$$

$$Valor_DMIC = \left(\frac{DMICv}{DMICp} - 1\right) \times DMICp \times \frac{EUSDmédio}{730} \times kei$$

***v**	=	Verificado
*p	=	Padrão
$EUSD_{médio}$	=	Média aritmética dos encargos de uso do sistema de distribuição correspondentes aos meses do período de apuração do indicador
kei	=	15 para unidades em BT, 20 para unidades em MT, 27 para unidades em AT

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Reino Unido

- Limites e Compensações por ocorrência

Limites	Compensações	Comentários
18 horas	£50 – Cons. Residenciais £100 – Outros Cons.	Em condições normais.
c/12 horas adicionais	£25	O valor total de compensação não é limitado por nenhum teto, em condições normais.
24 horas	£25	Se o número de faltas provocadas aumentar 8 vezes a média diária e se menos de 35% dos consumidores expostos forem afetados.
48 horas	£25	Se o número de faltas provocadas por quaisquer eventos, menos descargas atmosféricas, aumentar para um patamar 13 vezes superior a média diária nos níveis de alta tensão e se menos de 35% dos consumidores expostos forem afetados.
4 vezes o mais por intervalos >= 3 horas	£50	Durante o período de um ano.

☞ A norma **Não** obriga o pagamento automático das compensações e os consumidores afetados devem solicitar o pagamento das mesmas dentro de no máximo 1 mês após a ocorrência da interrupção.

POLI USP

NAPRE
Redes Elétricas Inteligentes

Holanda

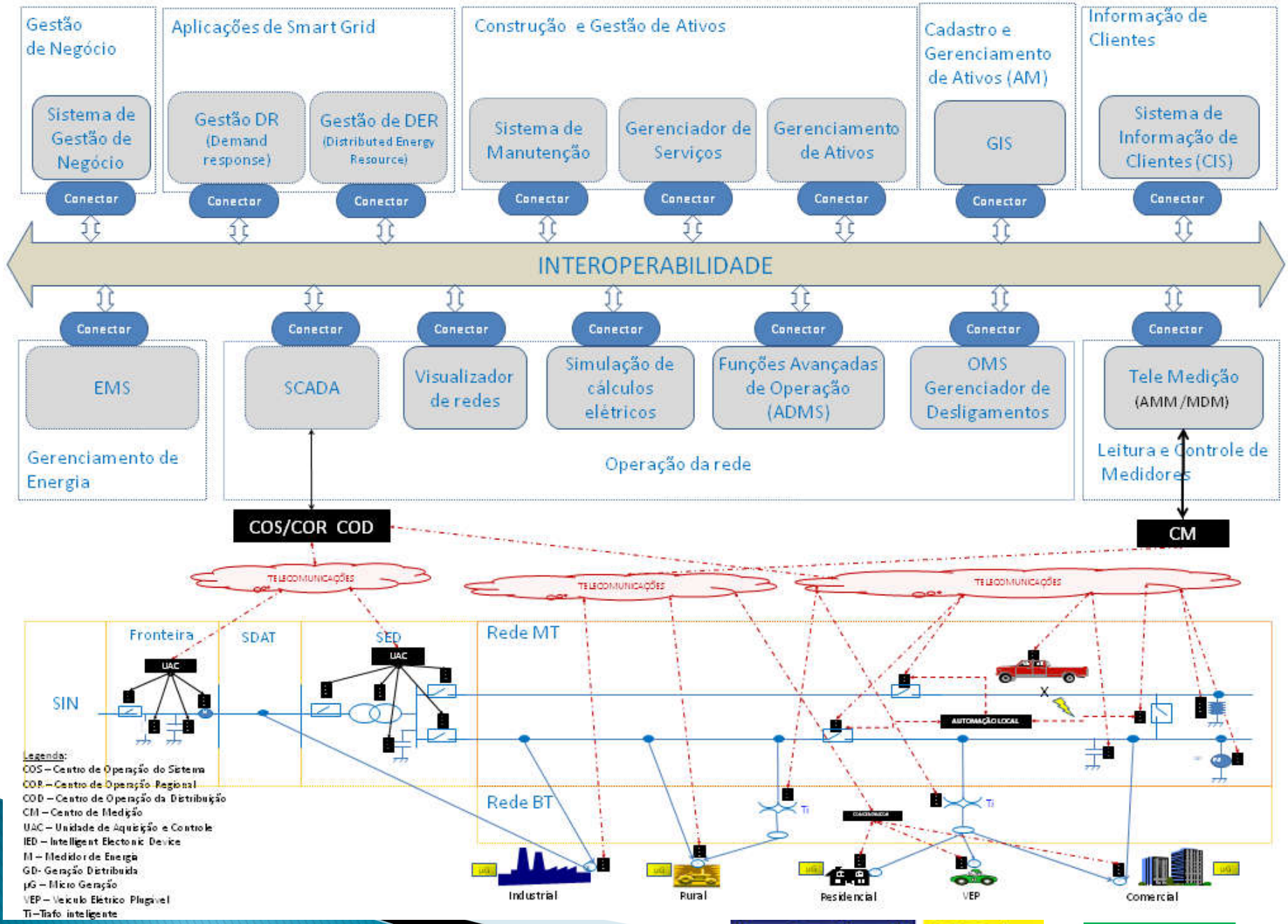
- Limites e Compensações: Por ocorrência

Limites	Compensações	Comentários
4 horas	• € 35 aos consumidores de baixa tensão. • € 910 aos consumidores de média tensão. • Consumidores com conexão acima de 20 kV recebem 0,35 € por kW contratado até o máximo de 91.000 €.	A compensação é paga pelo operador da rede, de onde a interrupção foi originada. Se a interrupção teve sua origem em uma rede de nível de tensão superior, o operador dessa rede é o responsável pelo pagamento das compensações.

- O órgão regulador pode verificar os valores para tais indicadores através de medições independentes feitas diretamente nas redes de distribuição
- Uma multa administrativa de até 10% da receita da empresa pode ser aplicada na empresa transmissora quando é verificado o descumprimento de determinados aspectos de qualidade no registro dos indicadores. No caso de descumprimento de aspectos menos importantes, uma multa de no máximo 450.000 € ou de 1% da receita da empresa

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes


Gestão de Negócio
Sistema de Gestão de Negócio
Aplicações de Smart Grid
Gestão DR (Demand response)
Gestão de DER (Distributed Energy Resource)
Construção e Gestão de Ativos
Sistema de Manutenção
Gerenciador de Serviços
Gerenciamento de Ativos
Cadastro e Gerenciamento de Ativos (AM)
GIS
Informação de Clientes
Sistema de Informação de Clientes (CIS)
Conector
INTEROPERABILIDADE
EMS
Gerenciamento de Energia
SCADA
Visualizador de redes
Simulação de cálculos elétricos
Funções Avançadas de Operação (ADMS)
OMS Gerenciador de Desligamentos
Operação da rede
Tele Medição (AMM/MDM)
Leitura e Controle de Medidores
COS/COR COD
CM
TELECOMUNICAÇÕES
SIN
Fronteira
SDAT
SED
UAC
Rede MT
Rede BT
AUTOMAÇÃO LOCAL
Ti
Industrial
Rural
Residencial
VEP
Comercial
Legenda:
COS – Centro de Operação do Sistema
COR – Centro de Operação Regional
COD – Centro de Operação da Distribuição
CM – Centro de Medição
UAC – Unidade de Aquisição e Controle
IED – Intelligent Electonic Device
M – Medidor de Energia
GD- Geração Distribuída
µG – Micro Geração
VEP – Veículo Elétrico Plugável
Ti – Trafo inteligente

Ocorrências de Interrupção

COD_EVENTO	ANO	MES	DIA	CONJUNTO	INSTALACAO	AREA	CLASSE	CAUSA	PROGRAMADA	DATA_INTERRUPCAO	INSTALACAO_INTERRUPCAO	DATA_RESTAURACAO	CIRCUITO	DURACAO	CLIENTES
4661587	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	98
4661588	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	1
4661589	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	4
4661590	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	3
4661591	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	12
4661592	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	2618
4661593	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	1
4661594	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	2
4661595	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	5039
4661596	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	339
4661597	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	1
4661598	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	9
4661599	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	539
4661600	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	35
4661601	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO			1/1/12 12:35	APA 1302	43	3
4661602	2012	1	1	202	130ET000087819	Urbano	201	11	NÃO			1/1/12 3:08	BCU 1307	120	27
4661603	2012	1	1	202	130ET000018139	Urbano	350	300	NÃO			1/1/12 10:12	BCU 1304	75	1
4661604	2012	1	1	202	130ET000038459	Urbano	350	492	NÃO			1/1/12 10:24	BCU 1304	52	1
4661605	2012	1	1	202	130ET000087819	Urbano	201	11	NÃO			1/1/12 17:08	BCU 1307	273	27
4661606	2012	1	1	202	130ET0000304							1/1/12 19:18	BCU 1304	127	1
4661607	2012	1	1	202	130ET0000369							1/1/12 18:32	BCU 1303	72	1
4661608	2012	1	1	202	130ET0000666							1/1/12 21:06	BCU 1305	168	1
4661609	2012	1	1	202	130ET0000963							1/1/12 20:12	BCU 1303	71	1
4661610	2012	1	1	202	130ET0001009							1/1/12 23:56	BCU 1302	146	124
4661611	2012	1	1	203	175ET0000224							1/1/12 2:25	VSL 1302	43	1
4661612	2012	1	1	203	150ET0001183							1/1/12 13:53	BIR 1301	360	45
4661613	2012	1	1	203	130ET0000182							1/1/12 11:43	BIR 1305	190	10
4661614	2012	1	1	203	130ET0001023							1/1/12 10:59	BIR 1303	102	10
4661615	2012	1	1	203	130ET0000644							1/1/12 17:15	BIR 1304	79	28
4661616	2012	1	1	203	130ET0000844							2/1/12 1:50	BIR 1304	574	9
4661617	2012	1	1	203	130ET0000185							1/1/12 23:30	BIR 1302	377	30
4661618	2012	1	1	203	130BF0000031							1/1/12 21:59	BIR 1304	264	11
4661619	2012	1	1	203	130BF0000031							1/1/12 21:59	BIR 1304	264	94
4661620	2012	1	1	203	130ET0000726							1/1/12 23:45	BIR 1302	351	7
4661621	2012	1	1	203	130ET0000879							1/1/12 23:55	BIR 1305	367	33
4661622	2012	1	1	203	130ET0000879							1/1/12 23:55	BIR 1305	367	1
4661623	2012	1	1	203	130ET0000879							1/1/12 23:55	BIR 1305	367	7

CLASSE	DESCRIÇÃO
101	Desl. Extra-Emerg. s/reclam.
160	Serv. Em ramais/med. De terc.
199	Desloc. Sem_desligamento
201	Ocor. c/ desl.de equip. Prim.
244	Manobras c/deslig. Prim.
246	Def. na rede de alta tens.
381	Serviço no Prim. s/deslig.
301	Ocor.no Sec. s/raml e med.
350	Serv. Ramal /méd. c/reclam.
344	Manobra / Serviço_no_Secund.
382	Serv. No Secund. S/deslig.
400	Geração de plano de medição
999	Dia Critico
500	Religamento Automático

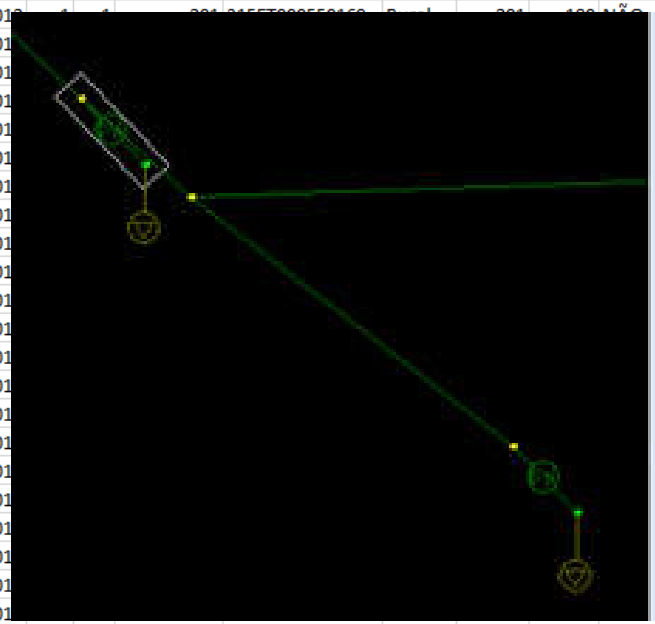
CAUSA	DESCRIÇÃO
11	Descarga Atmosférica
20	Vento Forte
130	Corrosão
150	Incêndio não ocas. por falhas
170	Inundação
180	Galho de Arvores
181	Árvore caída sobre a rede
182	Poste Podre
200	Animais
201	Atend. A trafo particular
246	Def. na rede de Alta Tensão
300	Terceiros
310	Vandalismo
311	Furto de mater. da Empresa
320	Interf Acidental Terceiros
321	Abalroamento
322	Papagaio (Pipa)
324	Balões
325	Queimadas
326	Erosão
327	Sujeira/Poluição
343	Defeito Interno.
350	Deslig.Emer. solic. p/ cliente.
351	Deslig.Emer. solic. p/ Autor.
352	Emergência / Calamidade
353	Racionamento.
354	Conexão pontalete p/medição
410	Problemas c/ trab. em L.Viva
412	Bloqueio trabalho linha viva
420	Interf Acidental Própria
430	Erro de Operação

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Ocorrências de Interrupção

COD_EVENTO	ANO	MES	DIA	CONJUNTO	INSTALACAO	AREA	CLASSE	CAUSA	PROGRAMADA	DATA_INTERRUPCAO	INSTALACAO_INTERRUPCAO	DATA_RESTAURACAO	CIRCUITO	DURACAO	CLIENTES
4661587	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	98
4661588	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	1
4661589	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	4
4661590	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	3
4661591	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	12
4661592	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	2618
4661593	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	1
4661594	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	2
4661595	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	5039
4661596	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	339
4661597	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	1
4661598	2012	1	1	201	315ET000550169	Urbano	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	9
4661599	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	539
4661600	2012	1	1	201	315ET000550169	Rural	201	180	NÃO	1/1/12 11:52	315DJAPA030	1/1/12 12:35	APA 1302	43	35
4661601	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	43	3
4661602	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLD/214	Transformador de D...	C-2873-1-37	120	27
4661603	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLD/214	Transformador de D...	C-285636-1-	75	1
4661604	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLD/214	Transformador de D...	C-149347-1-	52	1
4661605	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Meio ambi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLD/214	Transformador de D...	C-1473-3-75	273	27
4661606	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLD/214	Transformador de D...	C-131579-1-	127	1
4661607	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Religador	EQ288775	72	1
4661608	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Programa...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Chave Seccionador...	EQ24695	168	1
4661609	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Prote...	Aérea Pro...	MCLU/107	Chave Fusível MT D...	EQ24080	71	1
4661610	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Programa...	Aérea Prote...	Aérea Pro...	MCLU/107	Chave Seccionador...	EQ24143	146	124
4661611	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Operacion...	Aérea Prote...	Aérea Pro...	MCLU/107	Chave Seccionador...	EQ24143	43	1
4661612	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Programa...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Chave Seccionador...	EQ24048	360	45
4661613	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Programa...	Aérea Prote...	Aérea Pro...	MCLU/107	Transformador de D...	C-61396-3-7	190	10
4661614	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Operacion...	Aérea Prote...	Aérea Pro...	MCLU/107	Transformador de D...	C-61396-3-7	102	10
4661615	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Prote...	Aérea Pro...	MCLU/107	Transformador de D...	C-58893-3-4	79	28
4661616	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-33102-3-3	574	9
4661617	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-28701-1-3	377	30
4661618	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-28701-1-3	264	11
4661619	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-24791-3-3	264	94
4661620	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-24392-3-4	351	7
4661621	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-23014-1-1	367	33
4661622	201	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-22814-3-4	367	1
4661623	2012	1	1	203	130ET000087909	Rural	201	180	NÃO	Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-178-3-45	367	7
										Meio ambi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-154801-3-		
										Indetermi...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-154005-3-		
										Falhas em ...	Aérea Conv...	Aérea Con...	MCLU/107	Transformador de D...	C-153731-3-		
										[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
										1/1/12 17:48	130BF000013799	1/1/12 23:55	BIR 1305		



POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

✓ **Dados Necessários**

- Topologia dos alimentadores primários
- Localização dos dispositivos de proteção e comando
- Distribuição dos consumidores
- Taxas de falha dos trechos da rede (interrupções não programadas)
- Taxas de interrupções dos trechos da rede (interrupções programadas)
- Tempos de atendimento (preparo, deslocamento, reparo)

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

- ✓ **Principais Definições**

<u>Tempo de Atendimento</u>

"Intervalo que transcorre desde o instante em que ocorreu a interrupção do suprimento até aquele em que o sistema foi restabelecido"

- t_1 – tempo de pesquisa do defeito
- t_2 – tempo médio para reparo e restabelecimento do sistema

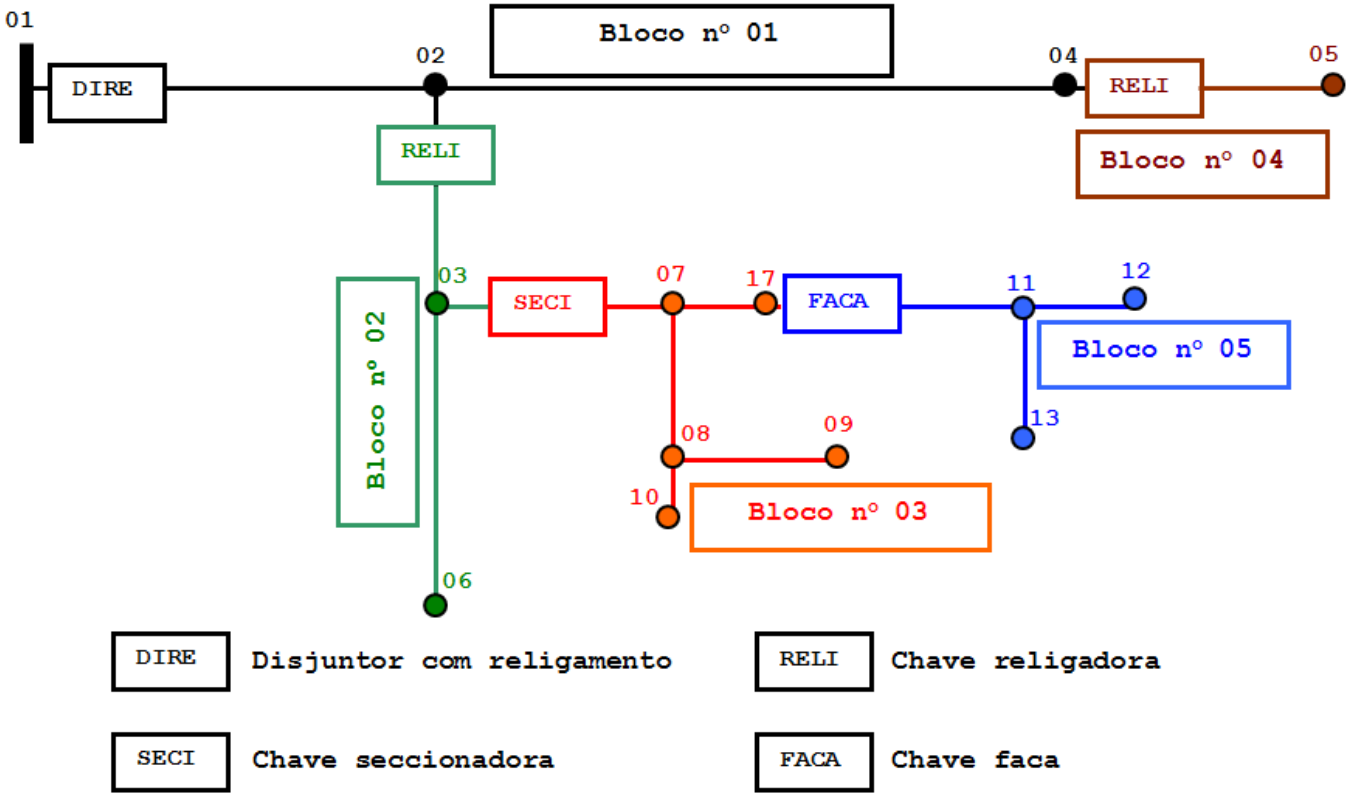
$$t_1 = t'_1 + t'_2 + t'_3 + t'_4$$

- t'_1 – "tempo de telefonemas"
- t'_2 – tempo para acionamento da equipe de manutenção
- t'_3 – tempo de deslocamento da equipe de manutenção
- t'_4 – tempo para manobra de chaves

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

✓ Principais Definições

- Bloco de rede: "todos os equipamentos limitados por chaves de proteção ou seccionamento"



NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

PRINCIPAIS DEFINIÇÕES

$$DEC = DEC_{Cor} + DEC_{Pro}$$
$$FEC = FEC_{Cor} + FEC_{Pro}$$
$$DIC = DIC_{Cor} + DIC_{Pro}$$
$$FIC = FIC_{Cor} + FIC_{Pro}$$

- Interrupções não programadas (ações corretivas) → DEC_{Cor}, FEC_{Cor}, DIC_{Cor}, FIC_{Cor}
- Interrupções programadas (expansão ou prevenção) → DEC_{Pro}, FEC_{Pro}, DIC_{PRO}, FIC_{PRO}

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

PRINCIPAIS HIPÓTESES

- Proteção contra sobrecorrentes está perfeitamente adequada e sua atuação obedece "in toctum" ao estabelecido em seu projeto

- Na estimativa dos indicadores DIC e FIC também se computam os defeitos que ocorrem na rede secundária e no ramal de serviço

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

CONSIDERAÇÕES ESPECÍFICAS

- A parcelas referente à soma $t'_1 + t'_2$ será estabelecida à priori

- O tempo t'_3, identificação do defeito, será estabelecido através do tempo gasto pela equipe de manutenção para alcançar o trecho de defeito, deslocando-se ao longo da linha com velocidade constante

- O tempo t'_4, manobra de chaves, será calculado pelo tempo gasto pela equipe de manutenção para alcançar a chave a ser manobrada, deslocando-se ao longo da linha, a partir do ponto de defeito, com velocidade constante. Para chaves automáticas, esse tempo é estabelecido a priori

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

CONSIDERAÇÕES ESPECÍFICAS

- O tempo de reparo t_2, é assumido constante e seu valor médio será estimado a partir da média ponderada dos tempos de reparos e probabilidade de ocorrência dos vários defeitos:

$$t_2 = \sum_{i}^{n_{defeitos}} \left(prob^i \cdot t^i_{reparo}\right)$$

- $prob^i$: Probabilidade do defeito ser do tipo i
- t^i_{reparo}: Tempo médio de reparo para defeitos do tipo i

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 1º Passo: Determinar a taxa de falha de cada bloco. Para o bloco i, temos:

$$ND_i = \sum_{j}^{n_{trechos}} \left(l^{i,j} \cdot \tau_{falha}^{i,j} \right)$$

  - $l^{i,j}$: comprimento do trecho j do bloco i
  - $\tau_{falha}^{i,j}$: taxa de falha por quilômetro e por ano, do trecho j do bloco i

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- A igualdade ilustrada na equação anterior parte da suposição de uma taxa de falha comum a todos os trechos do bloco i, isto é:

$$\tau_{falha}^{i} = \frac{ND_i}{\sum_{j}^{n_{trechos}} l_j^i} = \frac{ND_i}{l^i}$$

- Teoricamente, ND_i corresponde a todos os defeitos que ocorrem em um determinado bloco i, sejam eles permanentes ou temporários. Assim, temos

$$ND_i = ND_{i,perm} + ND_{i,temp}$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- É comum relacionarmos o número de defeitos permanentes com o total de defeitos através de uma probabilidade

$$ND_{i,perm} = prob_{perm} \cdot ND_i$$

- Quando as taxas de defeitos serão determinadas a partir do registro de ocorrências e atuação dos equipamentos de proteção, os defeitos verificados são todos permanentes

$$ND_{i,perm} = ND_i\,, \quad prob_{perm} = 1$$

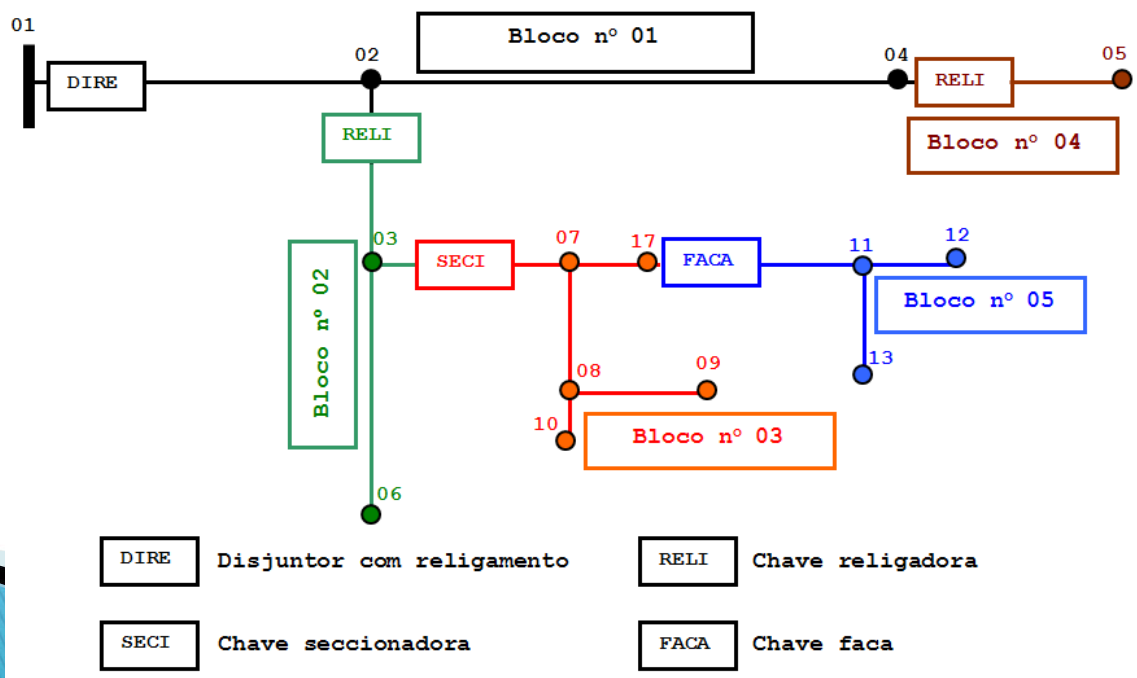
POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 2º Passo: Determinar quantidade de consumidores interrompidos durante t_1 ($NC_{t_1}^{i}$) e durante t_2 ($NC_{t_2}^{i}$)



NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 3º Passo: Calcular a contribuição do bloco i para os indicadores coletivos

$$FEC_{Cor,i} = ND_i \cdot \left(\frac{NC_{t_1}^{i}}{NC_{Alimentador}^{total}} \right)$$

$$DEC_{Cor,i} = ND_i \cdot \left(\frac{NC_{t_1}^{i} \cdot t_1^{i} + NC_{t_2}^{i} \cdot t_2}{NC_{Alimentador}^{total}} \right)$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 4º Passo: Totalizar a estimativa para os indicadores coletivos

$$DEC_{Cor,Alimentador} = \sum_{i}^{n_{blocos}} DEC_{Cor,i}$$

$$FEC_{Cor,Alimentador} = \sum_{i}^{n_{blocos}} FEC_{Cor,i}$$

Onde:

- n_{blocos}: total de blocos do alimentador

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 5º Passo: Totalizar a estimativa para os indicadores individuais → procedimento diferente: enumera-se contingências que afetam os consumidores de um bloco

$$DIC_{Cor,i} = \sum_{j}^{n_{blocos,t_1}} \left(ND_j \cdot t_1^j\right) + \sum_{k}^{n_{blocos,t_2}} \left(ND_k \cdot \left(t_1^k + t_2\right)\right)$$

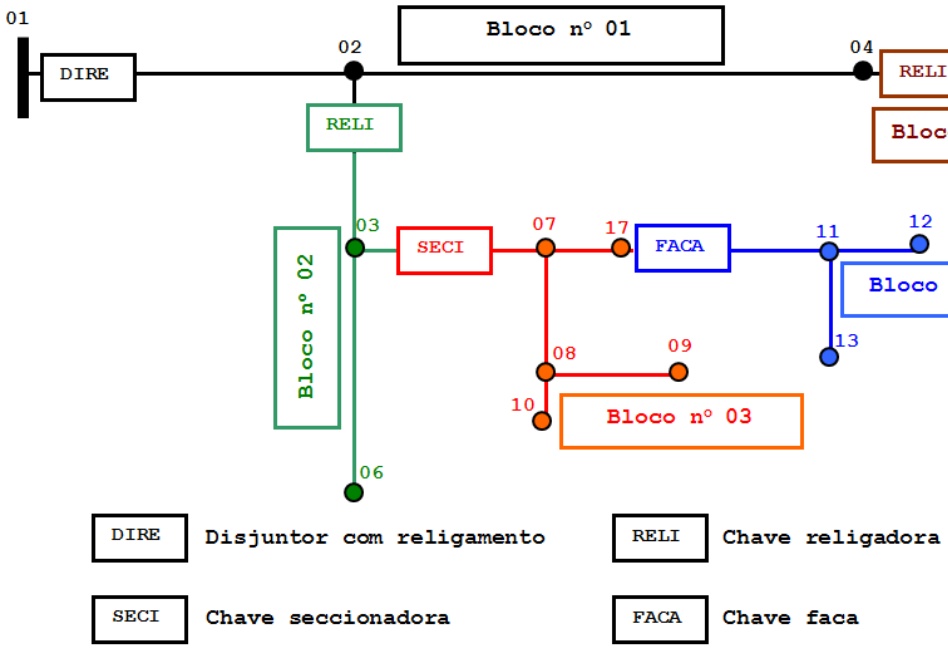
$$FIC_{Cor,i} = \sum_{j}^{n_{blocos,t_1}+n_{blocos,t_2}} ND_j$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE



Referência:	Afetado por defeito em:
Bloco 1	Bloco 1
Bloco 2	Bloco 1 – Bloco 2
Bloco 3	Bloco 1 – Bloco 2 – Bloco 3
Bloco 4	Bloco 1 – Bloco 4
Bloco 5	Bloco 1 – Bloco 2 – Bloco 3 – Bloco 5

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 6º Passo: A energia não distribuída de um bloco i é calculada através da demanda média anual ou mensal correspondente:

$$D^{i}_{med,mensal} = \frac{\varepsilon_{mensal}}{730}$$

$$D^{i}_{med,anual} = \frac{\varepsilon_{anual}}{8760}$$

Onde:

- ε_{mensal}: energia mensal
- ε_{anual}: energia anual

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- A $END_{Cor,i}$ resultante de um defeito no bloco i pode ser equacionada como:

$$END_{Cor,i} = ND_i \cdot \left(\sum_{j}^{n_{blocos,t_1}} \left(D_{med}^{j} \cdot t_1^{i}\right) + \sum_{k}^{n_{blocos,t_1}+n_{blocos,t_2}} \left(D_{med}^{k} \cdot t_2\right) \right)$$

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES NÃO PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- Repetindo-se o procedimento para todos os blocos e obtém-se o indicador $END_{Cor,Alimentador}$ global do alimentador para interrupções não programadas:

$$END_{Cor,Alimentador} = \sum_{i}^{n_{blocos}} END_{Cor,i}$$

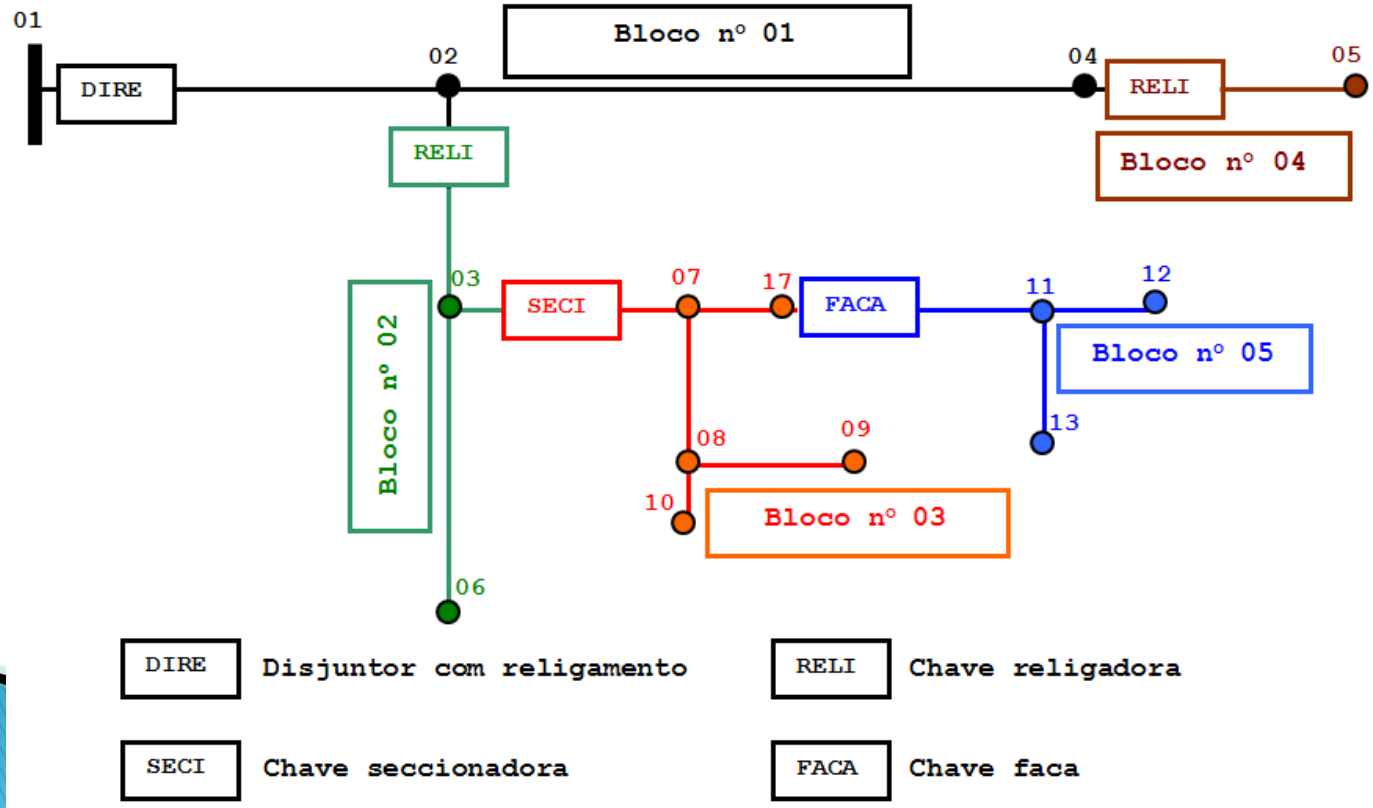
POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

EXEMPLO

- Defeito no Bloco nº 01
  - Suprido através de um disjuntor
  - Blocos envolvidos: 01-02-03-04-05 durante t_1 e t_2



Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

EXEMPLO

- Interrupções Não Programadas – Defeito no Bloco 1

$$DEC_{Cor,1} = ND_1 \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^{5} NC^j \cdot t_1^1 + \sum_{j=1}^{5} NC^j \cdot t_2}{\sum_{i=1}^{5} NC^i} \right) = ND_1 \cdot (t_1^1 + t_2)$$

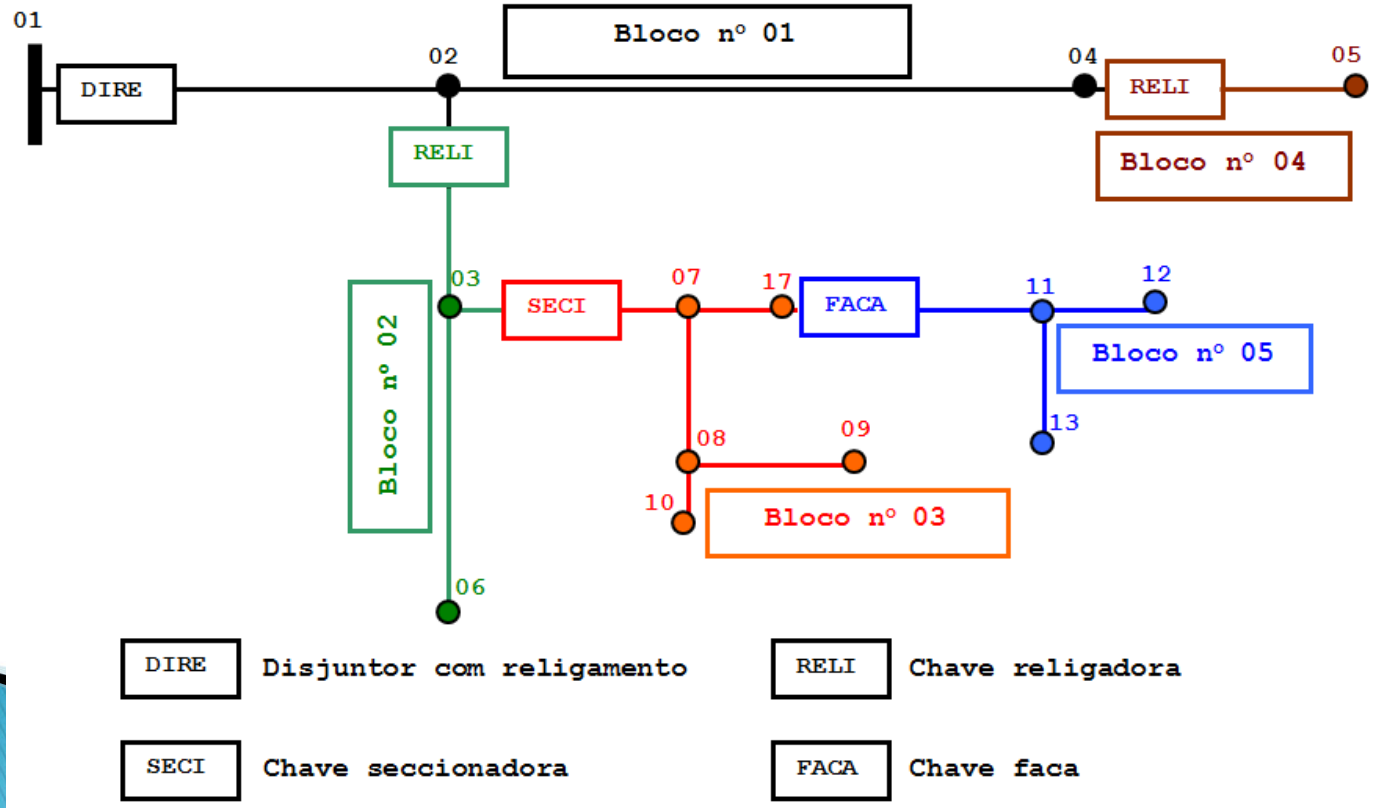
$$FEC_{Cor,1} = ND_1 \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^{5} NC^j}{\sum_{i=1}^{5} NC^i} \right) = ND_1$$

$$END_{Cor,1} = ND_1 \cdot \sum_{i=1}^{5} D_{med}^i \cdot (t_1^1 + t_2)$$

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

EXEMPLO

- Defeito no Bloco nº 05
  - Suprido através de uma chave faca
  - Blocos envolvidos: 02–03–05 durante t_1 e 05 durante t_2



Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

EXEMPLO

- Interrupções Não Programadas – Defeito no Bloco 5

$$DEC_{Cor,5} = ND_5 \cdot \left(\frac{\sum_j NC^j \cdot t_1^5 + NC^5 \cdot t_2}{\sum_{i=1}^{5} NC^i} \right) \quad j = 2, 3 \; e \; 5$$

$$FEC_{Cor,5} = ND_5 \cdot \left(\frac{\sum_j NC^j}{\sum_{i=1}^{5} NC^i} \right)$$

$$END_{Cor,5} = ND_5 \cdot \left(\sum_j D_{med}^j \cdot t_1^5 + D_{med}^5 \cdot t_2 \right)$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 1º Passo: Determinar a taxa de interrupção de cada bloco. Para o bloco i, temos:

$$NI_i = \sum_{j}^{n_{trechos}} \left(l^{i,j} \cdot \tau_{interrupção}^{i,j} \right)$$

  - $l^{i,j}$: comprimento do trecho j do bloco i
  - $\tau_{interrupção}^{i,j}$: taxa de falha por quilômetro e por ano, do trecho j do bloco i

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

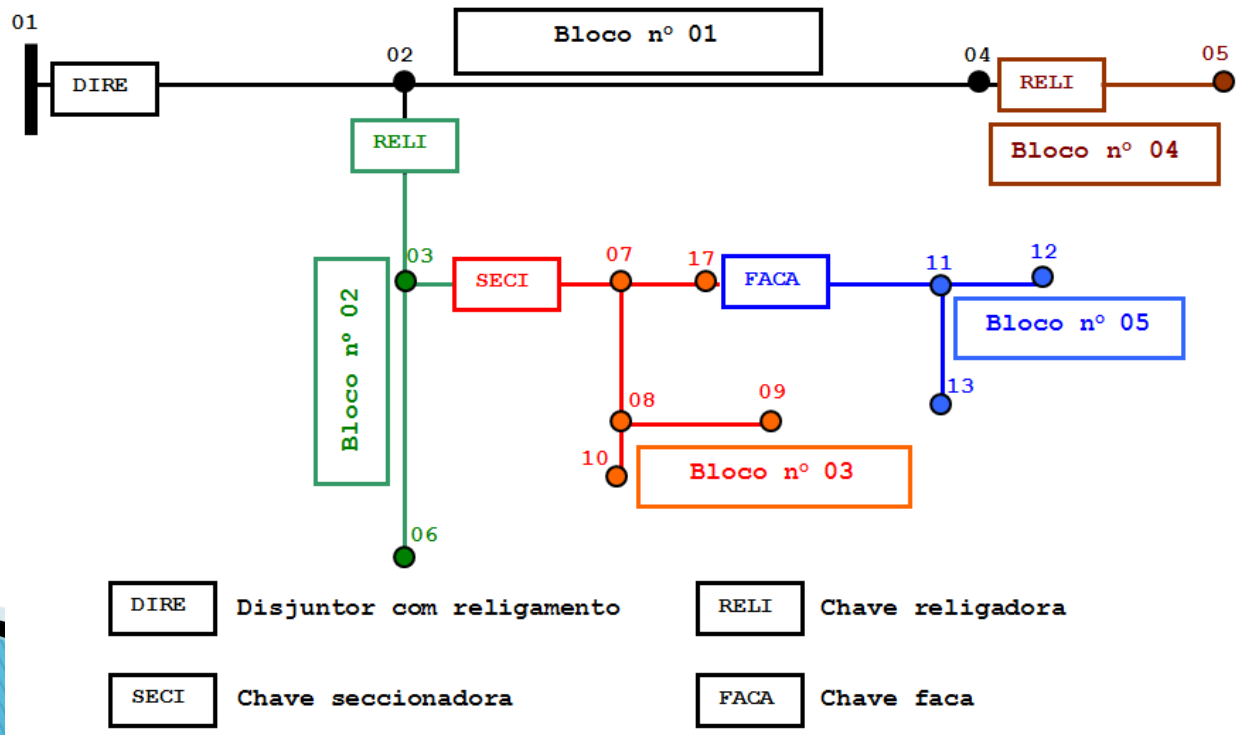
- A igualdade ilustrada na equação anterior parte da suposição de uma taxa de falha comum a todos os trechos do bloco i, isto é:

$$\tau_{interrupção}^{i} = \frac{NI_i}{\sum_{j}^{n_{trechos}} . \, l_j^i} = \frac{NI_i}{l^i}$$

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 2º Passo: Determinar quantidade de consumidores interrompidos durante t_2 ($NC_{t_2}^{i}$)



NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 3º Passo: Calcular a contribuição do bloco i para os indicadores coletivos

$$FEC_{Pro,i} = NI_i \cdot \left(\frac{NC_{t_2}^{i}}{NC_{Alimentador}^{total}} \right)$$

$$DEC_{Pro,i} = NI_i \cdot \left(\frac{NC_{t_2}^{i} \cdot t_2}{NC_{Alimentador}^{total}} \right)$$

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 4º Passo: Totalizar a estimativa para os indicadores coletivos

$$DEC_{Pro,Alimentador} = \sum_{i}^{n_{blocos}} DEC_{Pro,i}$$

$$FEC_{Pro,Alimentador} = \sum_{i}^{n_{blocos}} FEC_{Pro,i}$$

Onde:

- n_{blocos}: total de blocos do alimentador

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 5º Passo: Totalizar a estimativa para os indicadores individuais → procedimento diferente: enumera-se contingências que afetam os consumidores de um bloco

$$DIC_{Pro,i} = \sum_{k}^{n_{blocos,t_2}} (NI_k \cdot t_2)$$

$$FIC_{Pro,i} = \sum_{j}^{n_{blocos,t_2}} NI_j$$

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- 6º Passo: A $END_{Pro,i}$ resultante de uma interrupção no bloco i pode ser equacionada como:

$$END_{Pro,i} = NI_i \cdot \sum_{k}^{n_{blocos,t_2}} \left(D_{med}^{k} \cdot t_2\right)$$

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

INTERRUPÇÕES PROGRAMADAS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- Repetindo-se o procedimento para todos os blocos e obtém-se o indicador $END_{Pro,Alimentador}$ global do alimentador para interrupções programadas:

$$END_{Pro,Alimentador} = \sum_{i}^{n_{blocos}} END_{Pro,i}$$

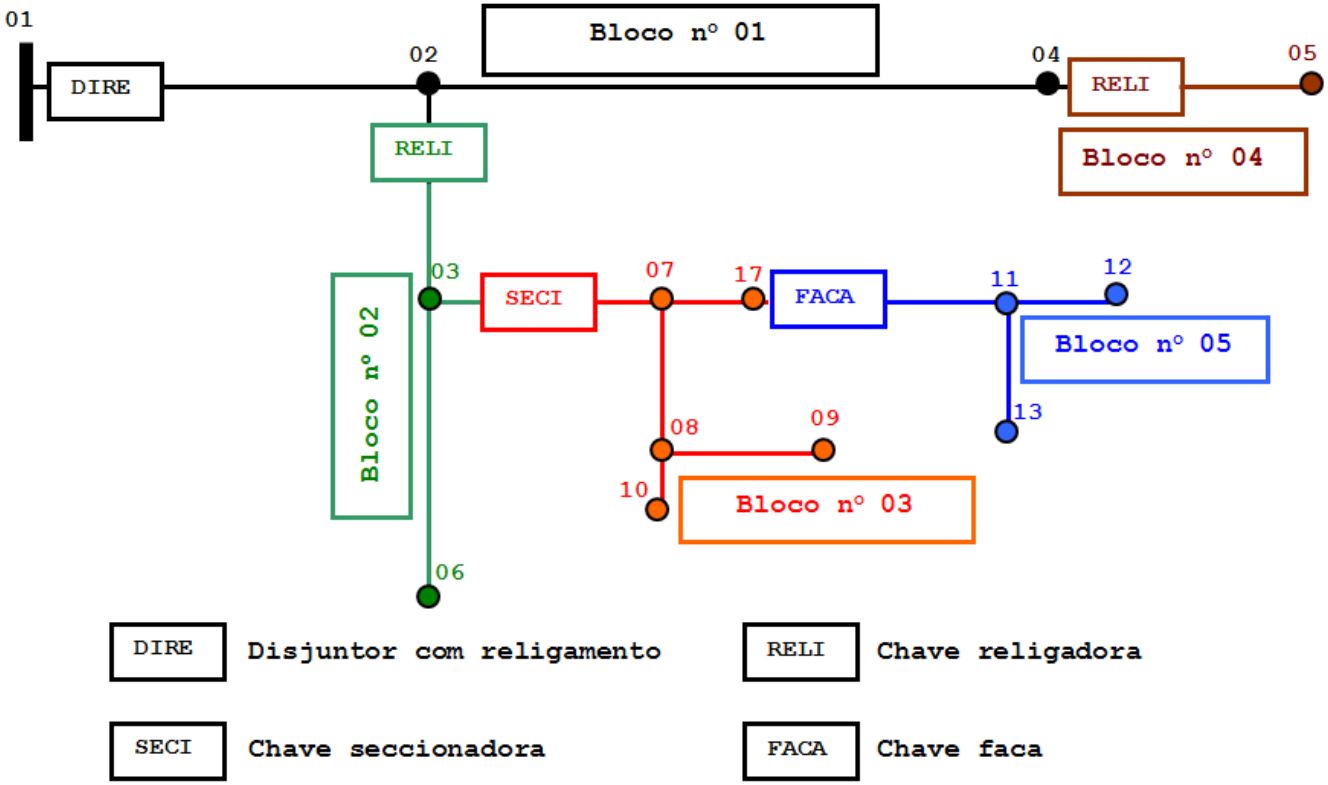
POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

EXEMPLO

- Interrupção no Bloco nº 01
  - Suprido através de um disjuntor
  - Blocos envolvidos: 01–02–03–04–05 durante t_2



Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

EXEMPLO

- Interrupções Programadas – Interrupção no Bloco 1

$$DEC_{Pro,1} = NI_1 \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^{5} NC^j \cdot t_2}{\sum_{i=1}^{5} NC^i} \right) = NI_1 \cdot t_2$$

$$FEC_{Pro,1} = NI_1 \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^{5} NC^j}{\sum_{i=1}^{5} NC^i} \right) = NI_1$$

$$END_{Pro,1} = NI_1 \cdot \sum_{i=1}^{5} \left(D_{med}^{i} \cdot t_2 \right)$$

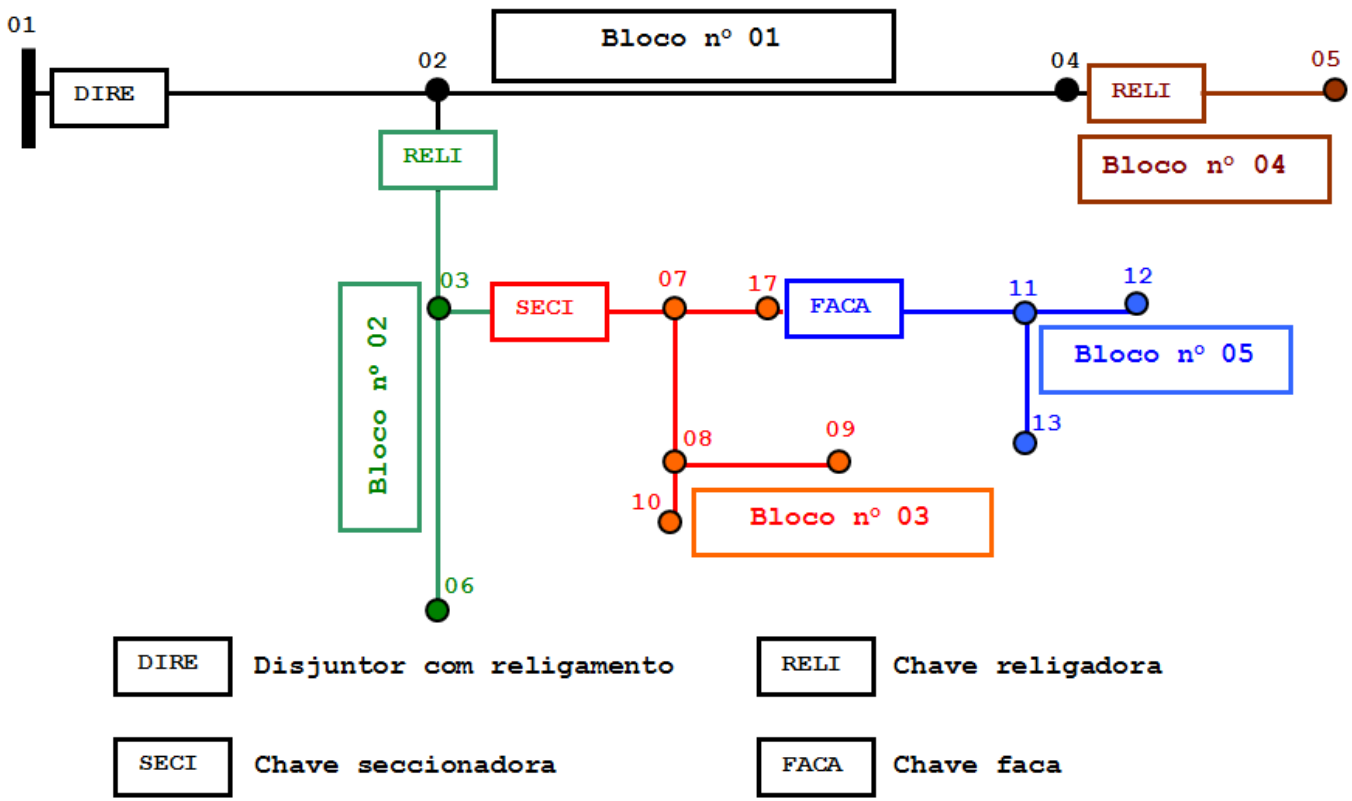
POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

EXEMPLO

- Interrupção no Bloco nº 05
  - Suprido através de uma chave faca
  - Blocos envolvidos: apenas 05 durante t_2



Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

EXEMPLO

- Interrupções Programadas – Interrupção no Bloco 5

$$DEC_{Pro,5} = NI_5 \cdot \left(\frac{NC^5 \cdot t_2}{\sum_{i=1}^{5} NC^i} \right)$$

$$FEC_{Pro,5} = NI_5$$

$$END_{Pro,5} = NI_5 \cdot D_{med}^5 \cdot t_2$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- A primeira hipótese: FEC varia linearmente com a quantidade de interrupções programadas e com a quantidade de interrupções não programadas

$$FEC = \tau_{Abertura} \cdot l_{total} \cdot \xi(\text{"}rede\text{"})$$

Onde:

- $\tau_{Abertura}$: taxa de abertura (devido às interrupções programadas e não programadas)
- l_{total}: comprimento total da rede considerada
- $\xi(\text{"}rede\text{"})$: relação entre número médio de consumidores interrompidos e número total de consumidores

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- $\xi(\text{“}rede\text{”})$ é um valor adimensional que depende do número de consumidores afetados em cada ocorrência de interrupção

- Na prática, o número de consumidores afetados depende de diversas particularidades
  - disponibilidade de recursos de automação
  - alternativas de seccionamento
  - distribuição espacial dos consumidores
  - distribuição espacial dos defeitos

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- Estendendo-se a primeira hipótese, tem-se que os valores da FEC_{Cor} e da FEC_{Pro} também variam linearmente com a taxa de falha e de interrupções programadas:

$$FEC_{Cor} = \tau_{Falha} \cdot l_{total} \cdot \xi_{Cor}("rede")$$

$$FEC_{Pro} = \tau_{Interrupção} \cdot l_{total} \cdot \xi_{Pro}("rede")$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- A partir dos valores apurados, pode-se escrever:

$$FEC_{Cor-Apurado} = K_{FEC-Cor} \cdot FEC_{Cor-Calculado} = K_{FEC-Cor} \cdot \tau_{Falha} \cdot l_{Total} \cdot \xi_{Cor}("rede")$$

$$FEC_{Pro-Apurado} = K_{FEC-Pro} \cdot FEC_{Pro-Calculado} = K_{FEC-Cor} \cdot \tau_{Interrupção} \cdot l_{Total} \cdot \xi_{Pro}("rede")$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- Os fatores $K_{FEC-Cor}$ e $K_{FEC-Pro}$ deverão ser empregados para corrigir as taxas de falha e interrupção utilizadas para determinar incialmente os valores de $FEC_{Cor-Calculado}$ e de $FEC_{Pro-Calculado}$:

$$\tau''_{Falha} = \tau_{Falha} \cdot K_{FEC-Cor}$$

$$\tau''_{Interrupção} = \tau_{Interrupção} \cdot K_{FEC-Pro}$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- O ajuste dos tempos de atendimento pode ser realizado a partir da parcela DEC oriunda das interrupções programadas ($DEC_{Pro-Apurado}$)

- Estima-se o valor de t_2 ("tempo de reparo ou manutenção"), o qual se torna específico para o alimentador ou conjunto de rede de distribuição correspondente ao $DEC_{Pro-Apurado}$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- No ajuste da DEC são considerados dois fatores de correção:
  - $K_{FEC-Pro}$: responsável pelo ajuste da taxa de interrupção $\tau_{Interrupção}$ (obtido através da correção da FEC)
  - $K_{DEC-Pro}$: responsável pelo ajuste do tempo de reparo t_2

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

$$DEC_{Pro-Apurado} = K_{DEC-Pro} \cdot K_{FEC-Pro} \cdot DEC_{Pro-Calculado}$$
$$= K_{DEC-Pro} \cdot K_{FEC-Pro} \cdot \left(t_2 \cdot \tau_{Interrupção} \cdot l_{total} \cdot \xi_{Pro}("rede")\right)$$
$$= (K_{DEC-Pro} \cdot t_2) \cdot \left(K_{FEC-Pro} \cdot \tau_{Interrupção}\right) \cdot \left(l_{total} \cdot \xi_{Pro}("rede")\right)$$
$$= (K_{DEC-Pro} \cdot t_2) \cdot \tau''_{Interrupção} \cdot \left(l_{total} \cdot \xi_{Pro}("rede")\right)$$
$$= t''_2 \cdot \tau''_{Interrupção} \cdot \left(l_{total} \cdot \xi_{Pro}("rede")\right)$$

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- $t''_2 = K_{DEC-Pro} \cdot t_2$: representa o tempo de reparo estimado a partir do valor de DEC oriunda das interrupções programadas ("tempo de reparo corrigido")
- O fator $K_{DEC-Pro}$ pode ser obtido diretamente a partir dos valores para $DEC_{Pro-Apurado}$, $K_{FEC-Pro}$ e $DEC_{Pro-Calculado}$:

$$K_{DEC-Pro} = \frac{DEC_{Pro-Apurado}}{K_{FEC-Pro} \cdot DEC_{Pro-Calculado}}$$

POLI USP NAPREI Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

- Procede-se para a realização do ajuste do tempo de localização do defeito t_1 a partir da parcela DEC oriunda das interrupções não programadas ($DEC_{Cor-Apurado}$)
- No ajuste dessa parcela do DEC são considerados três fatores de correção:
  - $K_{FEC-Cor}$: responsável pelo ajuste da taxa de falha τ_{Falha}
  - $K_{DEC-Pro}$: responsável pelo ajuste do tempo de reparo t_2
  - $K_{DEC-Cor}$: responsável pelo ajuste do tempo de reparo t_1

POLI USP NAPREI Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

AJUSTE DE PARÂMETROS
ESTIMAÇÃO DOS INDICADORES DE CONTINUIDADE

$$DEC_{Cor-Apurado} = K_{FEC-Cor} \cdot \tau_{Falha} \cdot l_{Total} \cdot \left(K_{DEC-Cor} \cdot t_1 \cdot \xi_{Cor}("rede") + K_{DEC-Pro} \cdot t_2 \cdot \xi_{Pro}("rede")\right) = \tau''_{Falha} \cdot l_{Total} \cdot \left(t''_1 \cdot \xi_{Cor}("rede") + t''_2 \cdot \xi_{Pro}("rede")\right)$$

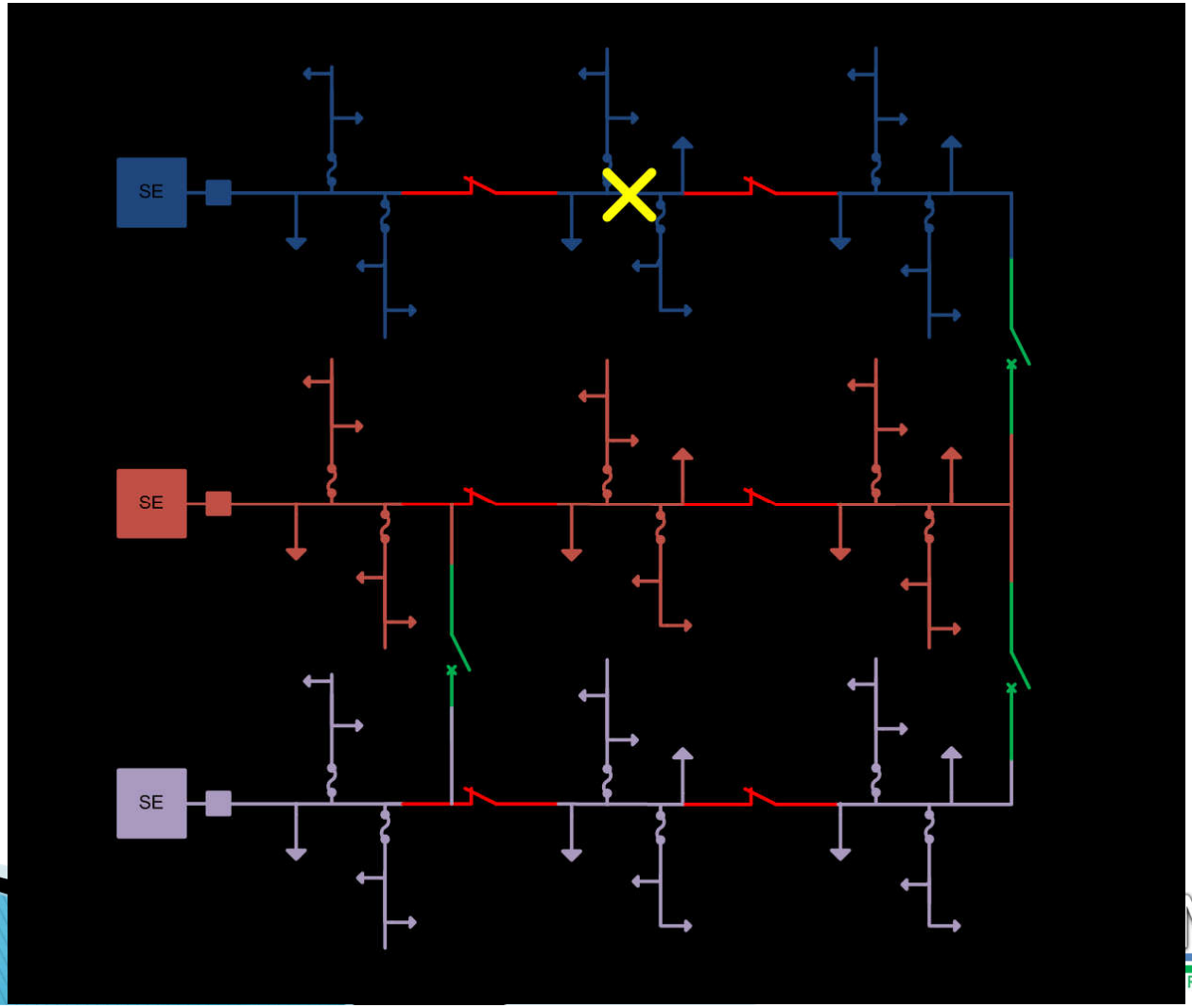
$$K_{DEC-Cor} = \frac{\dfrac{DEC_{Cor-Apurado}}{K_{FEC-Cor} \cdot \tau_{Falha} \cdot l_{Total}} - K_{DEC-Pro} \cdot t_2 \cdot \xi_{Pro}("rede")}{t_1 \cdot \xi_{Cor}("rede")}$$

POLI USP

NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

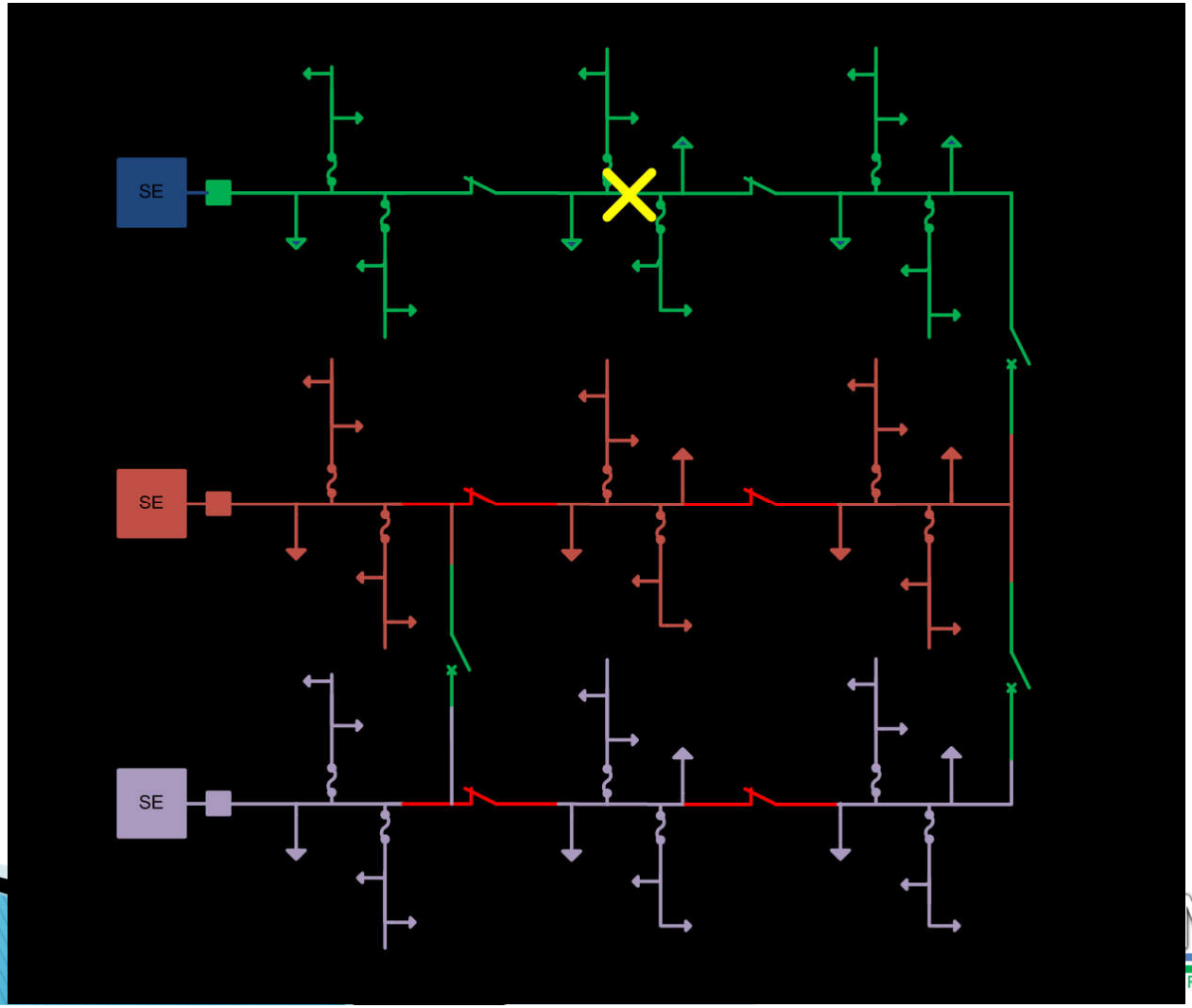
ESTRATÉGIAS DE SOCORRO – ATUAÇÃO DA PROTEÇÃO



NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

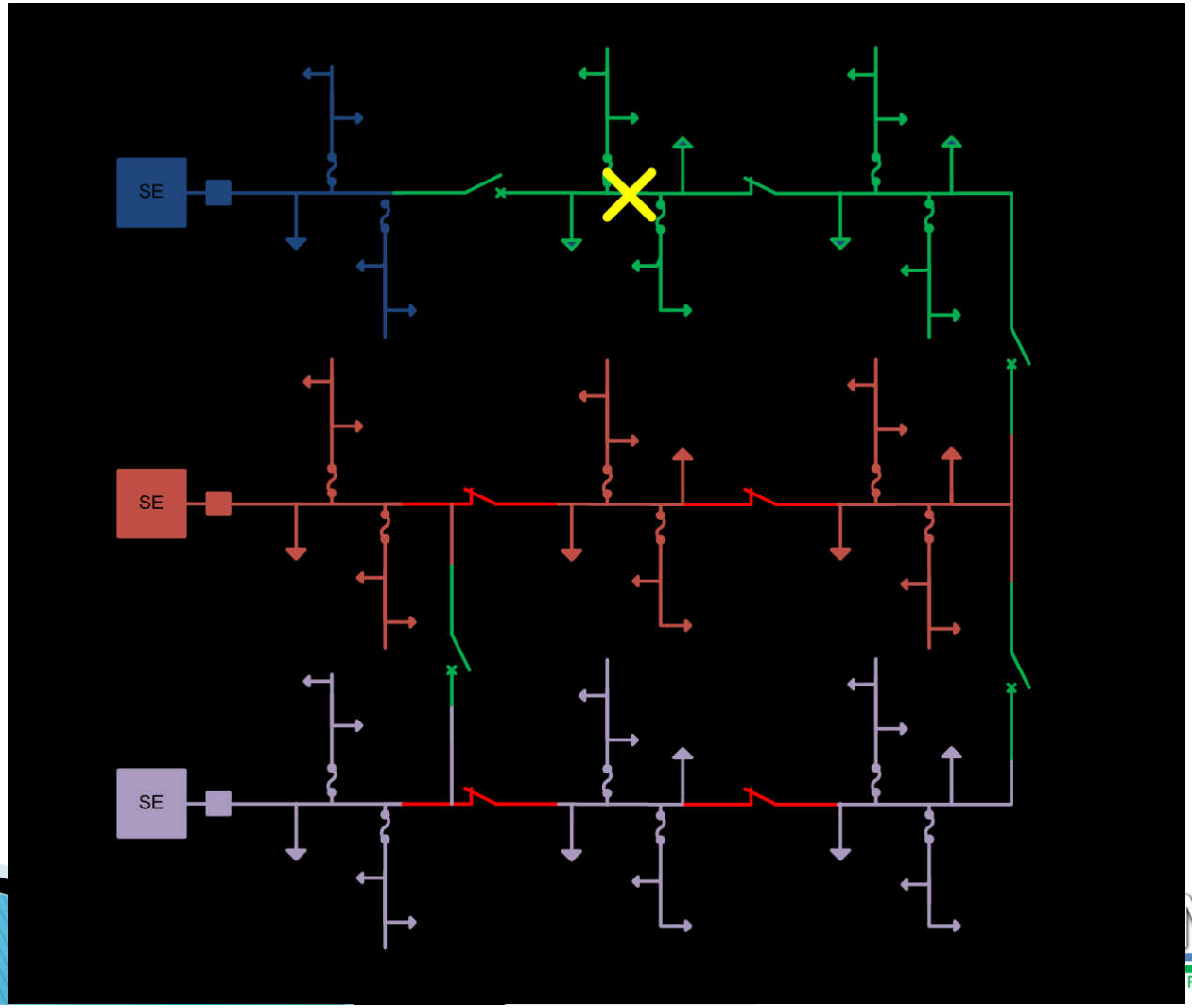
ESTRATÉGIAS DE SOCORRO – ATUAÇÃO DA PROTEÇÃO



NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

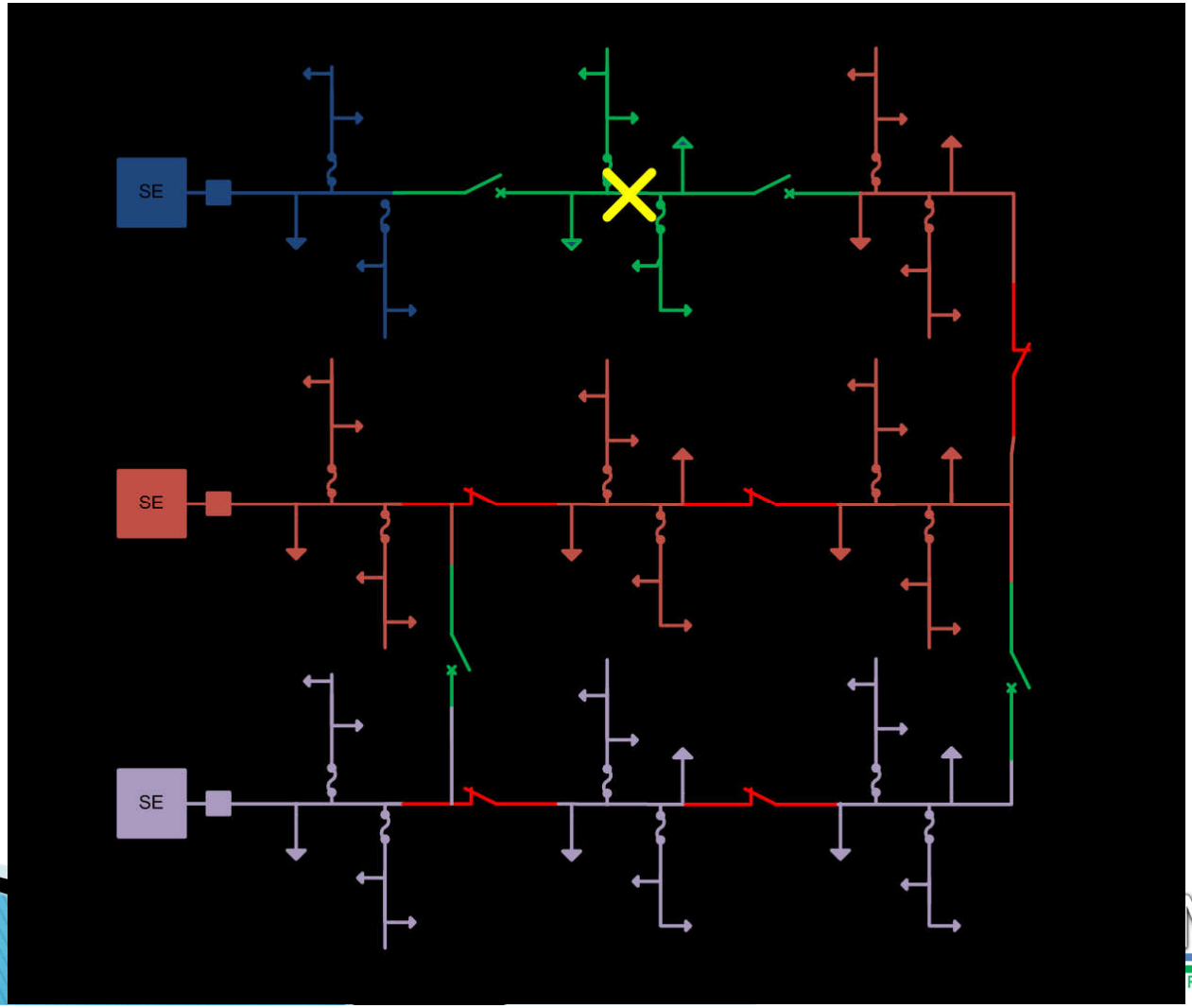
ESTRATÉGIAS DE SOCORRO – SOCORRO DE BLOCOS A MONTANTE



NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes

Cálculo de Indicadores de Continuidade "Continuidade a Priori"

ESTRATÉGIAS DE SOCORRO – SOCORRO DE BLOCOS A JUSANTE



NAPREI
Redes Elétricas Inteligentes