

**Índices de Qualidade de Serviço em Redes de
Distribuição de Média Tensão**
(Relatório de estágio PRODEP)

Edgar António Fernandes Ramos Pereira

Porto, 1993



17

621.3(047.3)/666/992/PERC

02 10 09

Estágio de Edgar António Fernandes Ramos Pereira

Parecer Científico

O estagiário Edgar António Fernandes Ramos Pereira realizou, sob minha orientação, um trabalho de estágio sobre o tema "Índices de Qualidade de Serviço em Redes de Distribuição em Média Tensão" tendo sido alcançados os objectivos científicos inicialmente propostos.

O estagiário efectuou uma fase inicial de preparação que compreendeu o estudo de índices utilizados na avaliação do desempenho e previsão do comportamento de redes eléctricas do ponto de vista da qualidade/continuidade de serviço, bem como de metodologias para a sua determinação.

O aluno estabeleceu em seguida as bases para a organização e recolha de dados associados aos diversos tipos de aparelhos de corte, de comando manual ou automático, a instalar em redes de Média Tensão. Em seguida, foi desenvolvida uma modelização adequada para aqueles aparelhos tendo em vista a análise da fiabilidade das redes.

Finalmente, com base na modelização referida, foram desenvolvidos um conjunto de algoritmos para determinação dos índices de qualidade de serviço das redes, considerando diversas composições iniciais e diferentes tipos de aparelhos a instalar.

Com base no exposto sou do parecer que o trabalho desenvolvido atingiu o nível de Bom, tendo o aluno revelado boas capacidades de extrapolação e criatividade.

O Supervisor do Estágio (FEUP)



Parecer Técnico

Acompanhei os trabalhos de estágio realizados no INESC pelo aluno e apreciei o relatório final apresentado, considerando que aquele relatório reflecte o trabalho efectivamente realizado.

Sou de parecer que foram atingidos os objectivos inicialmente propostos no plano de trabalhos.

O Supervisor do Estágio (INESC)



Orientador do Seminário : Prof.J.L.Pereira da Silva

Especiais agradecimentos ao Eng.º A.Duarte da EDP pela
colaboração dispensada

Índice

I. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SERVIÇO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA.INTERESSE E OBJECTIVOS,1

II. DEFINIÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE SERVIÇO ADICIONAIS,2

II.1. Definição de índices que permitam a avaliação de desempenho das redes já existentes,2

II.2. Definição de índices que permitam a previsão do comportamento de novas redes ou a expansão de redes já existentes,4a

III.METODOLOGIA DE CÁLCULO DOS ÍNDICES DE FIABILIDADE, QUE PERMITEM A PREVISÃO DO COMPORTAMENTO DUMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO RADIAL, FACE À INCLUSÃO DE NOVA APARELHAGEM,6

III.1. Introdução ao método de cálculo a utilizar

III.2. Descrição da tabela a utilizar

III.3. Bases para a organização da recolha de dados necessária para cálculo dos índices,8

III.3.1. Dados referentes às linhas constituintes da rede radial,8

III.3.2. Dados referentes às cargas existentes na rede radial,8

III.3.3. Dados referentes aos seccionadores manobrados manualmente,8

III.3.4. Dados referentes aos seccionadores telecomandados,11

III.3.5. Dados referentes aos interruptores auto-religadores(IAR's),12

III.3.5.1. Tipos de comando existentes,12

III.3.5.2. Aproximações introduzidas no estudo,15

III.3.5.3. Dados referentes aos IAR's necessários para um estudo no âmbito das aproximações introduzidas,16

III.3.6. Dados referentes a interruptores auto-seccionadores(IAS's),16

III.3.6.1. Princípio de funcionamento dos IAS's,16

III.3.6.2. Dados necessários ao estudo de introdução dos IAS's,17

III.4. Introdução de seccionadores,18

III:4.1. Rede só com seccionadores(nenhum seccionador a montante),18

III:4.2. Rede só com seccionadores(nenhum seccionador a jusante),18

III:4.3. Rede só com seccionadores(seccionadores a montante e a jusante),19

III:4.4. Rede com um IAR a montante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR),20

III:4.5. Rede com um IAR a montante (seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR),21

III:4.6. Rede com um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a montante do IAR),22

III:4.7 Rede com um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a montante do IAR),23

III.4.8. Rede com mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não

- imediatamente a montante do 1º IAR a jusante),24
- III.4.9. Rede com mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a montante do 1º IAR a jusante),24
- III.4.10. Rede com mais que um IAR a montante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante),24
- III.4.11. Rede com mais que um IAR a montante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante),25
- III.4.12. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante),26
- III.4.13. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante),27
- III.4.14. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante),28
- III.4.15. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante),29
- III.4.16. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante),30
- III.4.17. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante),30
- III.4.18. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante),30
- III.4.19. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante),30
- III.4.20. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante),31
- III.4.21. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante),32
- III.4.22. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante),33
- III.4.23. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante),34
- III.4.24. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante),35
- III.4.25. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a

- montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 36
- III.4.26. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 37
- III.4.27. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 38
- III.5. Algoritmos para a introdução de seccionadores, 39
- III.5.1. Primeiro algoritmo geral para a introdução de seccionadores, 39
- III.5.2. Segundo algoritmo geral para a introdução de seccionadores, 40
- III.5.3. Adaptação dos dois algoritmos gerais para as restantes situações, 41
- III.6. Introdução de IAR's numa rede, 45
- III.6.1. Rede só com seccionadores(nenhum seccionador a montante), 45
- III.6.2. Rede só com seccionadores(nenhum seccionador a jusante), 45
- III.6.3. Rede só com seccionadores(seccionadores a montante e a jusante), 46
- III.6.4. Rede com um IAR a montante (IAR inserido não imediatamente a jusante do IAR), 47
- III.6.5. Rede com um IAR a montante (IAR inserido imediatamente a jusante do IAR), 48
- III.6.6. Rede com um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a montante do IAR), 49
- III.6.7 Rede com um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a montante do IAR), 50
- III.6.8. Rede com mais que um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 51
- III.6.9. Rede com mais que um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 53
- III.6.10. Rede com mais que um IAR a montante (IAR inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante), 54
- III.6.11. Rede com mais que um IAR a montante (IAR inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante), 55
- III.6.12. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante), 56
- III.6.13. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante), 57
- III.6.14. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante), 58
- III.6.15. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante), 59
- III.6.16. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante

- (IAR inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 60
- III.6.17. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 61
- III.6.18. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 62
- III.6.19. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 63
- III.6.20. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante), 64
- III.6.21. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante), 65
- III.6.22. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante), 67
- III.6.23. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante), 68
- III.6.24. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 69
- III.6.25. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 71
- III.6.26. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 73
- III.6.27. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante), 74
- III.7. Algoritmos para a introdução de IAR's, 76
- III.7.1. Primeiro algoritmo geral para a introdução de IAR's, 76
- III.7.2. Segundo algoritmo geral para a introdução de IAR's, 79
- III.7.3. Adaptação dos dois algoritmos gerais para as restantes situações, 81
- III.8 Introdução de IAS's, 85

- IV. FOLHA DE CÁLCULO PARA O CÁLCULO DOS ÍNDICES
NUMA REDE RADIAL RAMIFICADA, ⁸⁶**
- V. ANÁLISE MAIS PROMENORIZADA DO EFEITO DE
INTRODUÇÃO DE IAR'S NUMA REDE, ⁹¹**

I. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SERVIÇO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA INTERESSE E OBJECTIVOS

Nas últimas décadas os estudos de modelização e avaliação da qualidade de serviço em redes de distribuição de energia eléctrica foram relegados para segundo plano em detrimento de estudos análogos realizados para os sistemas de produção e transporte. Os principais factores que para tal contribuíram foram, por um lado, o facto de as saídas de serviço terem um efeito localizado (os seus efeitos restringem-se a uma área relativamente pequena e envolvem um reduzido número de consumidores) e, por outro lado, o facto de os custos associados a cada saída de serviço não serem significativos.

A análise estatística dos dados referentes às interrupções de serviço de sistemas de energia mostra todavia que as saídas de serviço ocorridas ao nível dos sistemas de distribuição (no seu conjunto) representam a contribuição individual mais elevada para a indisponibilidade média anual e para a frequência de interrupções de serviço registadas pelos consumidores. Ressalta assim a necessidade de se proceder à avaliação da qualidade de serviço das redes de distribuição, com vista a poder opinar quantitativamente sobre os méritos dos vários esquemas de reforço disponíveis e assim assegurar que as reservas de capital disponíveis sejam usadas da maneira que melhor contribua para uma mais satisfatória qualidade de serviço. Além disso, será de referir o crescente grau de exigência por parte dos consumidores e que resulta fundamentalmente do grande incremento na utilização de equipamentos vulneráveis às interrupções e das inegáveis necessidades de conforto reveladas.

A empresa responsável pela distribuição deverá nesse sentido, cada vez mais, almejar a prestação dum serviço de boa qualidade e procurar que o fornecimento desse serviço apresente as indispensáveis características de continuidade. A introdução, nas localizações adequadas, de aparelhagem que permita efectuar manobras de configuração da rede, isolando assim segmentos da rede afectados e procedendo à rápida reposição do serviço dos vários grupos de consumidores (que de outra forma seriam afectados permanentemente durante os períodos de reparação) constitui um vector importante na área da qualidade de serviço.

A comparação quantitativa dos méritos das alternativas que se nos apresentam para atingir uma melhor qualidade de serviço dos consumidores, e que vai desde os esquemas de reforço alternativos, passando pela atribuição de reservas existentes e por melhorias na política de manutenção, até às políticas de funcionamento alternativas, não é possível sem a adopção duma avaliação quantitativa da qualidade de serviço.

Os objectivos deste trabalho passarão, consequentemente, pela definição de índices de qualidade de serviço adicionais que permitirão, por um lado, a avaliação do desempenho das redes eléctricas já em exploração e, por outro, a avaliação do comportamento previsível de novas redes ou a expansão de redes já existentes, e pela posterior elaboração duma metodologia de cálculo desses índices que permita efectivamente realizar a previsão do comportamento duma rede de distribuição radial face à inclusão de nova aparelhagem.

II.DEFINIÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE SERVIÇO ADICIONAIS

II.1.Definição de índices que permitam a avaliação de desempenho das redes já existentes

Para o cálculo dos índices que irei referir de seguida necessitámos de informação relativa ao sistema de distribuição, nomeadamente número de consumidores alimentados em cada ponto de carga e a carga média ligada em cada um desses pontos de carga(expressa em kW) e de informação relativa às interrupções dos consumidores, nomeadamente, indicações de quais os consumidores afectados em cada interrupção e das interrupções de carga ligada, e indicações da duração associada a cada interrupção.

Índices para a avaliação de desempenho das redes já existentes

- Índice de Frequência de Interrupções Médio do Sistema

$$\text{IFIMS} = \frac{\text{número total de interrupções de consumidores}}{\text{número total de consumidores servidos}} = \frac{\sum I_c}{\sum N}$$

- Índice de Frequência de Interrupções Médio dos Consumidores Afectados

$$\text{IFIMCA} = \frac{\text{númerototal de interrupções de consumidores}}{\text{número total de consumidores afectados}} = \frac{\sum I_c}{\sum N_{af}}$$

- Índice de Duração de Interrupções Médio do sistema

$$\text{IDIMS} = \frac{\text{soma das durações de interrupção dos consumidores}}{\text{número total de consumidores servidos}} = \frac{\sum (I_c * d)}{\sum N}$$

- Índice de Duração de Interrupções Médio do Consumidor

$$\text{IDIMC} = \frac{\text{soma das durações de interrupção dos consumidores}}{\text{número total de interrupções de consumidor}} = \frac{\sum (I_c * d)}{\sum I_c}$$

- Índice de Disponibilidade Médio de Serviço

$$\begin{aligned} \text{IDMS} &= \frac{\text{número de horas de serviço disponível do consumidor}}{\text{número de horas exigidas pelo consumidor}} \\ &= \frac{(\sum N) * 8760 - \sum (I_c * d)}{(\sum N) * 8760} \end{aligned}$$

- Índice de Indisponibilidade Médio de Serviço

$$IIMS = \frac{\text{número de horas indisponível do consumidor}}{\text{número de horas exigidas pelo consumidor}} = \frac{\sum (Ic*d)}{(\sum N)*8760} = 1-IDMS$$

- Índice de Energia Não Distribuída

$$IEND = \text{corte total anual} = \sum (Lc*d)$$

- Índice Médio de Energia Não Distribuída

$$IMEND = \frac{\text{corte total anual}}{\text{número total de consumidores servidos}} = \frac{\sum (Lc*d)}{\sum N}$$

- Índice de Interrupção de Carga

$$IIC = \frac{\text{carga total interrompida}}{\text{carga total ligada}} = \frac{\sum Lc}{\sum L}$$

- Índice de Duração de Interrupção da Carga Ligada

$$IDICL = \frac{\text{corte total anual}}{\text{total de carga interrompida}} = \frac{\sum (Lc*d)}{\sum Lc}$$

- Índice de Corte Médio do Consumidor

$$ICMC = \frac{\text{corte total anual}}{\text{número total de consumidores afectados}} = \frac{\sum (Lc*d)}{\sum Naf}$$

Exemplo ilustrativo de cálculo de índices- informação relativa ao sistema:

Ponto de carga	A	B	C	D	E	F	TOTAL
Número consumidores aliment.	5000	15000	10000	10000	7000	8000	55000
Carga média ligada(kW)	15000	75000	50000	40000	35000	32000	247000

- informação das interrupções dos consumidores

Interrupção	1	2	3	4
Interrupções de consumidor	A-5000 D-1000	C-5000	B-4000	D-2000*
Interrupções de carga ligada (kW)	15000 4000	20000	15000	10000
Duração (h)	1.0 0.2	2.0	0.5	1.75

(*-considera-se que consumidores que avariaram no caso1 voltaram a avariar no caso 4)

$$IFIMS = \frac{5000 + 1000 + 5000 + 4000 + 2000}{55000} = 0.309 \frac{\text{interrupções}}{\text{consumidor.ano}}$$

$$IFIMCA = \frac{5000 + 1000 + 5000 + 4000 + 2000}{5000 + 5000 + 4000 + 2000} = 1.063 \frac{\text{interrupções}}{(\text{consumidor afectado}).\text{ano}}$$

$$IDIMS = \frac{5000*1 + 1000*0.2 + 5000*2 + 4000*0.5 + 2000*1.75}{55000} = 0.376 \frac{\text{h}}{\text{consumidor.ano}}$$

$$IDIMC = \frac{20700}{17000} = 1.218 \frac{\text{h}}{\text{interrupção de consumidor}}$$

$$IDMS = \frac{55000*8760 - 20700}{55000*8760} = 0.999957$$

$$IIMS = 1 - 0.999957 = 0.000043$$

$$IEND = 15000*1 + 4000*0.2 + 2000*2 + 15000*0.5 + 10000*1.75 = 80800 \frac{\text{kWh}}{\text{ano}}$$

$$IMEND = \frac{80800}{55000} = 1.469 \frac{\text{kWh}}{\text{consumidor.ano}}$$

$$IIC = \frac{15000 + 4000 + 20000 + 15000 + 10000}{247000} = 0.259$$

$$IDICL = \frac{80800}{64000} = 1.263 \frac{\text{h}}{\text{ano}}$$

$$ICMC = \frac{80800}{16000} = 5.05 \frac{\text{kWh}}{(\text{consumidor afectado}).\text{ano}}$$

II.2. Definição de índices que permitam a previsão do comportamento de novas redes ou a expansão de redes já existentes

Para a determinação dos índices que irei referir de seguida é necessária informação relativa ao sistema de distribuição, semelhante à indicada no ponto II.1, e informação relativa à rede, nomeadamente comprimento de cada troço (em km) e tempo médio de reposição de serviço (h), e que no fundo constituem os índices de qualidade de serviço clássicos (se considerarmos ainda que a indisponibilidade média anual pode ser determinada por $U = \sum \lambda r$).

Índices para previsão de comportamento de novas ou da expansão de redes já existentes

- Índice de Frequência de Interrupções Médio do Sistema

$$IFIMS = \frac{\text{número total previsível de interrupções de consumidores}}{\text{número total de consumidores}} = \frac{\sum (\lambda N)}{\sum N}$$

- Índice de Duração de Interrupções Médio do Sistema

$$IDIMS = \frac{\text{soma das durações previsíveis de interrupção dos consumidores}}{\text{número total de consumidores}} = \frac{\sum (UN)}{\sum N}$$

- Índice de Duração de Interrupções Médio do Consumidor

$$IDIMC = \frac{\text{soma das durações previsíveis de interrupção dos consumidores}}{\text{número total de interrupções de consumidores previsível}} = \frac{\sum (UN)}{\sum (\lambda N)}$$

- Índice de Disponibilidade Médio de Serviço

$$IDMS = \frac{\text{número de horas de serviço previsíveis disponível do consumidor}}{\text{número de horas previsivelmente exigidas pelo consumidor}} = \frac{(\sum N) * 8760 - (\sum UN)}{(\sum N) * 8760}$$

- Índice de Indisponibilidade Médio de serviço

$$\text{IIMS} = \frac{\text{número de horas indisponível previsíveis do consumidor}}{\text{número de horas previsivelmente exigidas pelo consumidor}} = 1 - \text{IDMS}$$

- Índice de Energia Não Distribuída

$$\text{IEND} = \text{corte total anual previsível} = \Sigma(\text{LU})$$

- Índice Médio de Energia Não Distribuída

$$\text{IMEND} = \frac{\text{corte total anual previsível}}{\text{número total de consumidores servidos}} = \frac{\Sigma(\text{LU})}{\Sigma N}$$

Exemplo ilustrativo de cálculo de índices

-informação relativa ao sistema

Ponto de carga	A	B	C	D
Número consumidores alimentado	1000	800	700	500
Carga média ligada (kW)	5000	4000	3000	2000

-informação relativa à rede

Troço	A	B	C	D
comprimento l (km)	2	1	3	2
Taxa de avarias (saídas/ano.km)	0.1	0.1	0.1	0.1
Tempo médio de reposição serviço (h)	4	4	4	4

$$\text{IFIMS} = \frac{2*0.1*1000 + 1*0.1*800 + 3*0.1*700 + 2*0.1*500}{1000 + 800 + 700 + 500} = 0.197 \frac{\text{interrupções}}{\text{consumidor.ano}}$$

$$\begin{aligned} \text{IDIMS} &= \frac{2*0.1*4*1000 + 1*0.1*4*800 + 3*0.1*4*700 + 2*0.1*4*500}{3000} \\ &= 0.787 \frac{\text{h}}{\text{consumidor.ano}} \end{aligned}$$

$$\text{IDIMC} = \frac{2360}{590} = 4 \frac{\text{h}}{\text{interrupção de consumidor}}$$

$$\text{IDMS} = \frac{3000*8760 - 2360}{3000*8760} = 0.999910$$

$$\text{IIMS} = 1 - 0.999910 = 0.000090$$

$$\begin{aligned} \text{IEND} &= 5000*2*0.1*4 + 4000*1*0.1*4 + 3000*3*0.1*4 + 2000*2*0.1*4 \\ &= 10800 \frac{\text{kWh}}{\text{ano}} \end{aligned}$$

$$\text{IMEND} = \frac{10800}{3000} = 3.6 \frac{\text{kWh}}{\text{consumidor.ano}}$$

III.METODOLOGIA DE CÁLCULO DOS ÍNDICES DE FIABILIDADE, QUE PERMITEM A PREVISÃO DO COMPORTAMENTO DUMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO RADIAL, FACE À INCLUSÃO DE NOVA APARELHAGEM

III.1.Introdução ao método de cálculo a utilizar

A introdução de aparelhagem de corte e seccionamento em locais estratégicos numa rede de distribuição do tipo radial contribui para uma melhoria significativa da qualidade de serviço nessa rede. O único processo de quantificação dessa melhoria na qualidade de serviço é a análise dos vários índices de qualidade de serviço.

Dos índices que atrás referi só a energia não distribuída(END) se encontra razoavelmente divulgada, o que aliás deu azo a vários estudos e trabalhos de investigação que no seu conjunto constituem um excelente indicador de como se deve calcular a END para uma rede radial com uma determinada configuração. As expressões da END, mesmo para uma rede de dimensões reduzidas, assumem rapidamente proporções bastante grandes, embora seja de salientar que a sua elaboração não atinge graus de dificuldade elevados.

A intenção da metodologia de cálculo que irei apresentar foi a de, a partir do desenvolvimento das expressões da END para todas as configurações(a nível de aparelhagem de corte e seccionamento) plausíveis para as redes de distribuição actuais, tentar sistematizar a construção daquelas expressões de tal forma que a inclusão dum novo aparelho numa determinada rede seja tomada em conta do modo mais simples possível e sem obrigar à elaboração duma nova expressão.

A criação de tabelas(que a seguir descreverei promenorizadamente) que, embora contivessem toda a informação presente nas expressões deduzidas, proporcionassem uma representação muito menos complexa e que facilitassem de sobremaneira a análise das várias configurações em estudo, foi a solução encontrada para a desejada sistematização deste estudo. As ditas tabelas apresentam ainda uma característica fundamental que consistia no facto de permitirem o cálculo de todos os outros índices definidos de modo directo e relativamente simples.

Os algoritmos que adiante apresentarei pretendem indicar que alterações se terão que introduzir numa tabela correspondente a uma dada configuração numa rede de distribuição radial, se nela se pretende incluir os efeitos provocados pela introdução dum novo aparelho de corte ou seccionamento num determinado ponto da rede.

III.2.Descrição da tabela a utilizar

Antes de mais será de referir que a determinação das expressões da END, em que se baseou a construção das tabelas, foi realizada adoptando como taxa de avarias λ_j a taxa de avarias correspondente a todos os troços da rede radial que se

encontram a jusante do aparelho j e como carga média ligada L_j a carga média ligada a jusante do ponto de localização do aparelho j .

As tabelas irão relacionar taxas de avarias (tanto correspondentes a troços da rede radial como correspondentes aos aparelhos que se situam na mesma rede) com as cargas médias ligadas assumindo a forma duma matriz em que todos os seus elementos terão como unidade a unidade de tempo (horas ou minutos), o que seria de esperar devido ao facto da END ser tipicamente um produto do tipo $\lambda_j * r_j * L_j$ ou $\lambda_j * s_j * L_j$ (em que r_j e s_j são tempos de reparação e manutenção, respectivamente, dos diversos componentes da rede).

	L_1		L_j		L_n
λ_1					
λ_2					
λ_j					
λ_n					
λ_{ad2}					
λ_{ad3}					
λ_{adi}					
λ_{adn}					

III.3. Bases para a organização da recolha de dados necessária para cálculo dos índices

III.3.1. Dados referentes às linhas constituintes da rede radial

A taxa de avarias referente às linhas constituintes da rede, que nos indica a probabilidade(estimada) de ocorrência dum defeito nas referidas linhas, é usualmente apresentada em av/km para uma dada rede radial(p.ex.: uma saída duma subestação que apresente uma grande ramificação e que constitui o caso típico de redes de distribuição que irá ser analisado), achando-se a taxa de avarias propriamente dita a partir do conhecimento do comprimento dessa rede(em km).

De referir que na rede de distribuição portuguesa esta informação é habitualmente disponibilizada de maneira sensivelmente diferente, concretamente em termos dum número de avarias por 100km de linha. Para uma determinada rede radial teremos normalmente uma taxa de avarias uniforme, mas mesmo se tal não for o caso será fácil determinar as taxas de avaria para essa rede. Gostaria de voltar a salientar que as taxas de avaria são correspondentes aos troços da rede radial que se encontra para jusante dum determinado aparelho por tal facilitar significativamente o cálculo dos índices de fiabilidade(λ_j em av/km).

No que respeita ao tempo médio de reparação das avarias(r_j) nos vários troços da rede radial, este foi considerado uniforme para toda a rede em estudo, notando-se ainda que o seu valor será expresso em horas.

III.3.2. Dados referentes às cargas existentes na rede radial

A informação relativa a cada ponto de carga, que irá ser alimentado pelas redes radiais em estudo, consistirá na potência instalada em cada um desses pontos de carga(habitualmente fornecida em kVA) e do número de consumidores correspondentes a esses mesmos pontos de carga. O valor da potência instalada em cada ponto de carga vai permitir o cálculo da carga média ligada a jusante dos diversos aparelhos existentes na rede, L_j (em kW), tendo em vista a determinação dos vários índices de qualidade de serviço. Por outro lado, o conhecimento do número de consumidores alimentado por cada ponto de carga irá também viabilizar o cálculo de alguns dos índices de qualidade de serviço adicionais.

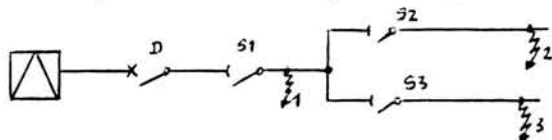
III.3.3. Dados referentes aos seccionadores manobrados manualmente

Tempo de isolamento do defeito pelo seccionador

A localização e isolamento do troço de linha avariado no caso dos seccionadores manobrados manualmente implica a acção conjunta duma equipa de intervenção, que se irá deslocar num veículo automóvel até aos diversos seccionadores a manobrar, e duma equipa que irá permanecer na subestação, e que entrarão em contacto via rádio. Estas duas equipas procederão a um conjunto de manobras e deslocações(no caso da equipa de intervenção) com vista à identificação e isolamento do troço avariado, sempre com os objectivos de interromper a

alimentação do menor número possível de cargas e de minimizar o tempo da alimentação das cargas.

A determinação ou até apenas a estimativa do tempo de isolamento do defeito pelos seccionadores não constituirá uma tarefa simples, pois este irá ser função do número de manobras a efectuar, dos tempos de deslocação da equipa de intervenção, dos tempos necessários às comunicações via rádio e ainda da ordem pela qual se irá proceder ao rastreio do troço afectado. A decisão de incluir aqui um pequeno exemplo ilustrativo das diversas etapas desta acção conjunta a levar a cabo pela equipa de intervenção(EI) visa clarificar a proposta de cálculo do tempo de isolamento do defeito pelo seccionador que será apresentada posteriormente.



i) **DEFEITO EM 1:** quando o defeito surge, o disjuntor(D) dispara(considera-se que os tempos de religação rápida e de religação lenta são neste caso irrelevantes em relação aos tempos dispendidos pela EI na localização do defeito, pelo que se considera que o disjuntor dispara instantaneamente) /// a EI desloca-se até ao seccionador 1(S1) e procede à sua manobra de abertura, informando de seguida(via rádio) a subestação de que pode fechar D /// a ES fecha D, que não volta a disparar ⇒ **defeito é a jusante de S1** /// ES abre D, informando a EI, que fechará S1 /// EI desloca-se até S2(a equipa de intervenção poderia optar por deslocar-se até S2 ou S3, só que neste caso vamos considerar, que em caso de todos os seccionadores necessitarem de ser manobrados, isso se fará sempre segundo a ordem S1→S2→S3) e abre-o, informando de seguida a ES de que pode fechar D /// ES fecha D, só que este torna a disparar ⇒ **defeito não é a jusante de S2** /// EI fecha S2 por indicação da ES /// EI desloca-se até S3 e abre-o, informando a ES para fechar D /// ES fecha D, só que este dispara novamente ⇒ **defeito não é a jusante de S3, encontrando-se obrigatoriamente entre S1 e S2,S3** /// EI fecha S3 por indicação da ES /// EI desloca-se até S1 e torna a abri-lo, desta vez definitivamente e com o objectivo de proceder à reparação do defeito

ii) **DEFEITO EM 2:** defeito surge, D dispara /// EI desloca-se até S1 e abre-o, informando a ES para que feche D /// ES fecha D, que não volta a disparar ⇒ **defeito é a jusante de S1** /// ES abre D, informando EI, que fechará S1 /// EI desloca-se até S2 e abre-o, informando ES que feche D /// ES fecha D, que não volta a disparar ⇒ **defeito encontra-se a jusante de S2, pelo que restará proceder à reparação do defeito**

iii) **DEFEITO EM 3:** defeito surge, D dispara /// EI desloca-se até S1 e abre-o, informando ES que feche D /// ES fecha D, informando EI, que não volta a disparar⇒ **defeito é a jusante de S1** /// ES abre D, infomando EI, que fechará S1 /// EI desloca-se até S2 e abre-o, informando ES que fecha D /// ES fecha D, que torna a disparar ⇒ **defeito não é a jusante de S2** /// EI fecha S2 por indução /// EI desloca-se até S3 e abre-o, informando Es para que feche D /// ES fecha D, que não dispara ⇒ **defeito encontra-se a jusante de S3, pelo que restará proceder à reparação do defeito**

Embora na prática a ordem pela qual se decide manobrar os seccionadores não seja pré-estabelecida, antes sendo ditada por factores como sejam a experiência

dos elementos das equipas que tentam localizar o defeito (nomeadamente o seu conhecimento da rede no que respeita aos troços em que mais frequentemente surgem defeitos), a importância dos consumidores em cada um dos ramais ou simplesmente a intuição dos elementos da EI, decidi considerar que o rastreio de qualquer defeito será realizado abrindo os seccionadores sempre pela mesma ordem.

Admitindo então que o trajecto efectuado pela EI é sempre determinado por uma ordem de manobra dos seccionadores pré-estabelecida será possível estimar o tempo de isolamento de defeito do troço afectado pelo seccionador mais indicado (ou seja, o que isola o defeito de forma mais selectiva), já que a sequência de manobras a realizar e as distâncias a percorrer podem ser previstas para um defeito num determinado troço da rede de antemão. O tempo total de isolamento do defeito pelo seccionador mais indicado será então função da distância a percorrer pela EI (que será imposta pela sequência de manobras que um defeito num determinado ponto implica), supondo uma determinada velocidade média de deslocação da EI, e função do número de operações a realizar (entende-se por operação todas as acções que tenham lugar enquanto a EI está parada junto a um seccionador : acções de abertura / fecho do seccionador, comunicações via rádio com a subestação, espera que ES abra / feche o disjuntor), supondo para tal que se estabelece uma duração média para as operações.

$$s_j = (d_{EI}/v_{med}) + n_{op} * t_{medop}$$

s_j - tempo de isolamento do defeito do seccionador j (h)

d_{EI} - distância a percorrer pela EI (km)

v_{med} - velocidade média de deslocação da EI (km/h)

n_{op} - número de operações a realizar pela EI

t_{medop} - duração média das operações a realizar pela EI (h)

Possibilidade de diminuição do tempo de isolamento do defeito pelos seccionadores

Farei agora uma breve alusão a dois tipos de aparelhos que possibilitam uma considerável diminuição no tempo de localização do defeito dos seccionadores, os IDLA's (Indicadores de Defeitos em Linhas Aéreas), que de resto já se encontram instalados na rede de distribuição de MT portuguesa, e os IDCI's (Indicadores de Defeitos para Cabos Isolados). Paralelamente à vantagem palpável da utilização destes aparelhos que é traduzida pela diminuição do tempo total de isolamento do defeito pelos seccionadores, gostaria ainda de notar que o emprego deste tipo de aparelhagem só viria facilitar a determinação de s_j para cada seccionador por envolver, como veremos a seguir, uma simplificação do processo necessário à localização do defeito.

A) IDLA : O funcionamento dos IDLA's relaciona-se fundamentalmente com a sensibilidade destes aparelhos ao campo eléctrico criado pela presença de tensão nos condutores e ao campo magnético originado pela passagem de corrente nos condutores. Quando devido a um defeito (um curto-circuito, p.ex.) se dá um incremento da corrente nos condutores, resulta um aumento súbito do valor do

campo magnético que, juntamente com a presença de tensão na linha, fará com que um IDLA seja operado e fique a emitir "flashes", sinalizando assim que o defeito passou por ele. Estes "flashes" intermitentes, que podem ser visionados a quilómetros de distância, aliados ao facto de os IDLA's poderem ser montados em qualquer apoio (desde que estejam a uma distância de 3 a 5m dos condutores activos) farão com que a sua utilização constitua uma preciosa indicação para a EI sobre a localização do defeito. Uma rede munida de IDLA's em locais estratégicos reduz drasticamente o número de operações a efectuar, obrigando, em condições normais, apenas à abertura do seccionador mais indicado.

B) IDCI : Embora os IDCI's tenham um princípio de funcionamento diferente dos IDLA's, também eles se apresentam como indicadores preciosos para o cumprimento da tarefa de localização dos defeitos. Sendo os IDCI's apenas sensíveis à corrente residual, quando se verifica uma corrente residual num circuito com detectores SEN-J, de valor superior ao regulado naquele detector, durante mais de 50ms, inicia-se a sinalização intermitente do sinalizador de exterior KBX-3R e do sinalizador de exterior LED-1. Todos os KBX-3R e LED-1 entre a subestação e o local de defeito serão actuados, indicando assim de forma clara a localização do defeito. Logo que a corrente residual assuma um valor inferior ao regulado no SEN-J, dá-se o rearme automático dos sinalizadores.

Taxa de avarias do seccionador

Esta taxa de avarias do seccionador (λ_{secj}) é a correspondente à probabilidade de ocorrência de defeitos no próprio seccionador e que é fornecida pelos fabricantes. No estudo que se segue vou considerar que só ocorrerá um defeito num seccionador de cada vez, limitando-me por isso apenas a ter em conta contingências de 1ª ordem no que respeita a avarias nos seccionadores.

Tempo médio de reparação das avarias nos seccionadores

O tempo médio de reparação das avarias nos seccionadores (r_{sec}) é considerado uniforme para todos os seccionadores, podendo o seu valor (em horas) ser indagado junto das equipas de manutenção.

III.3.4. Dados referentes aos seccionadores telecomandados

O emprego de seccionadores telecomandados é uma outra hipótese (além do uso de IDLA's e IDCI's) de melhorar significativamente o tempo de isolamento dum defeito. A substituição dos seccionadores que necessitam de ser manobrados manualmente por seccionadores providos dum dispositivo que possibilita o seu comando desde a subestação apresenta como principal vantagem o facto de se poder dispensar a actuação da equipa de intervenção.

Fará então sentido falar num novo tempo de isolamento do defeito pelo seccionador, tempo esse que devido à possibilidade de telecomando assumirá naturalmente valores significativamente inferiores aos correspondentes a um seccionador que não possa ser telecomandado; designarei esse novo tempo de isolamento do defeito por s_{jtel} . A simples substituição dos tempos s_j por s_{jtel} ,

embora não constituísse uma aproximação grosseira, não será a opção mais correcta, pois nesse caso estaríamos a considerar que o dispositivo de comando do seccionador seria completamente fiável, o que não será verdade. Definindo assim como P_{Esec} a probabilidade de encravamento dos seccionadores quando telecomandados, estamos em condições de determinar um novo tempo de isolamento do defeito pelo seccionador mais de acordo com a realidade:

$$s'_j = s_j * P_{Esec} + s_{jtel} * (1 - P_{Esec})$$

Assim, quando se der o encravamento do seccionador(o que tem uma probabilidade de P_{Esec} de acontecer) a equipa de intervenção terá que intervir como o fazia anteriormente, quando não, o que tem uma probabilidade $(1 - P_{Esec})$ de acontecer, o comando do seccionador é realizado desde a subestação por controlo remoto.

O estudo da instalação de seccionadores telecomandados será então em tudo semelhante ao que iremos efectuar para os seccionadores manobrados manualmente com a única diferença de substituir s_j por s'_j .

III.3.5. Dados referentes aos interruptores auto-religadores(IAR's)

Os IAR's são conjuntos autónomos para a protecção de alimentações, radiais e também de malha aberta, em redes de distribuição de MT e que usam comandos com características "tensão-tempo". É condição necessária e suficiente a existência a montante(normalmente no início da saída das subestações) dum disjuntor com religador automático, sendo então numa rede equipada com IAR's o processo de detecção do troço avariado automático e dependente da relação entre os tempos de actuação dos IAR's e do disjuntor.

III.3.5.1. Tipos de comando existentes

A) Princípio de funcionamento do comando tensão-tempo:

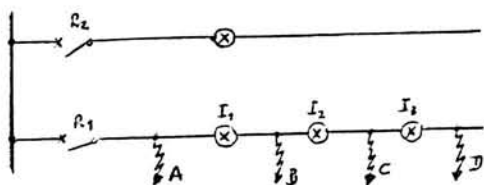
A sequência de operações dum IAR com automatismo tensão-tempo numa rede radial é duma maneira geral o que passámos a descrever. Quando surge um defeito numa linha o disjuntor que a protege abre(por ordem dos seus relés de protecção), o que faz com que o comando do IAR sinta falta de tensão e dê ordem de abertura(que é todavia ligeiramente temporizada para insensibilizar o IAR aos ciclos rápidos, disparo instantâneo e religação rápida do disjuntor de protecção). Quando o disjuntor efectua a primeira religação lenta a tensão volta aos terminais do IAR que, ao fim dum tempo de confirmação t_c (possível de regular), receberá ordem de fecho. Assim que o IAR fecha, inicia-se a contagem do tempo de bloqueio t_b (também de possível regulação).

Se o defeito reaparecer durante o tempo de bloqueio do IAR, logo com o IAR fechado, o disjuntor volta a abrir provocando nova falta de tensão aos terminais do IAR, bloqueando-o na posição de aberto e isolando desse modo o troço defeituoso(de referir que o IAR bloqueado só poderá ser fechado depois de rearmado). Quando o disjuntor efectua a segunda religação lenta, o defeito não reaparece e o serviço é restabelecido nos troços sãos.

Se o tempo de bloqueio expirar sem que falte a tensão ao IAR, o comando volta à posição de repouso. Os troços a jusante do IAR beneficiam assim da religação rápida e da primeira religação lenta do disjuntor de protecção da linha.

Os princípios de coordenação entre IAR's em série e em paralelo decorrem do funcionamento atrás descrito. Assim, no caso de IAR's em série, o de jusante só deve religar após ter expirado o tempo de bloqueio do de montante a fim deste último só bloquear se o defeito for no troço intermédio; duma maneira geral para haver selectividade, tem que ser $t_{c(n+1)} > t_{b(n)}$ para que se o defeito ocorrer durante o tempo de bloqueio do IAR_(n) não esteja ainda esgotado o tempo de confirmação do IAR_(n+1) e portanto não seja dada ordem de fecho ao IAR_(n+1).

Exemplo ilustrativo do funcionamento de IAR's em série



- R1, R2 : disjuntores capazes de religações

- I1, I2, I3 : aparelhos que incluem o IAR propriamente dito, um transformador de tensão do lado de montante e um quadro de comando V-T [elementos constituintes: um detector de tensão que ordena a abertura do IAR logo que ocorre uma falha de tensão; um dispositivo temporizador para confirmar que o reaparecimento da tensão é razoavelmente estável e também para obter selectividade entre IAR's em níveis paralelos (este temporizador determina o tempo de confirmação t_c decorrente entre o reaparecimento da tensão e a religação do IAR); um outro dispositivo temporizador que identifica a presença dum defeito no troço que o IAR protege se houver outra falha de tensão nos instantes seguintes à religação do IAR, considerando assim que o defeito reapareceu devido à religação, provocando a abertura do disjuntor a montante (determina o tempo de bloqueio do IAR, tempo durante o qual o temporizador provoca o bloqueio do IAR se surgir falta de tensão)]

i) DEFEITO EM A : R1 abre, provocando a abertura de I1, I2 e I3 /// quando R1 religa, se defeito desapareceu, I1 recebe tensão de montante, iniciando a contagem de t_{c1} , finda a qual I1 religa, levando tensão até I2 que irá religar ao fim de t_{c2} e assim sucessivamente /// se quando R1 religa, o defeito não desapareceu, R1 volta a abrir durante a contagem de t_{c1} , faz as tentativas de religação para que está programado, terminando com disparo definitivo se estivermos perante um defeito permanente

ii) DEFEITO EM B : R1 abre, provocando a abertura de I1, I2 e I3 /// I1 recebe tensão e fecha ao fim de t_{c1} /// se defeito desapareceu, I2 recebe tensão, fechando ao fim de t_{c2} , e assim sucessivamente /// quando defeito se mantém, R1 dispara durante a contagem de t_{b1} , provocando uma nova falta de tensão que vai ocasionar a abertura definitiva de I1, isolando assim selectivamente a zona avariada /// uma religação suplementar de R1 repõe o serviço até I1

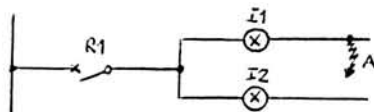
iii) DEFEITO EM C : R1 abre, provocando a abertura de I1, I2 e I3 /// quando R1 religa, I1 recebe tensão de montante ao fim de t_{c1} levando tensão até I2,

sendo obrigatório que $t_{c2} > t_{b1}$ para haver selectividade /// quando I2 fechar, se defeito reaparece, o novo disparo de R1 provoca novamente a abertura de I1 e I2, mas só a abertura de I2 será definitiva por ter lugar durante a contagem de t_{b2} /// uma religação posterior de R1 reporá o serviço até I2

iv) DEFEITO EM D : R1 abre, provocando a abertura de I1, I2 e I3 /// quando R1 religa, fecha ao fim de t_{c1} levando tensão até I2, que fecha findo t_{c2} , e que levará tensão até I3 (tem que ser $t_{c2} > t_{b1}$ e $t_{c3} > t_{b2}$) /// quando I3 fechar, se defeito reaparecer, o novo disparo de R2 provoca novamente a abertura de I1, I2 e I3, sendo a abertura de I3 definitiva por se dar durante a contagem de t_{b2} /// uma religação suplementar de R1 reporá o serviço até I3

No caso de IAR's em paralelo não pode haver nem simultaneidade nem sobreposição entre os respectivos tempos de bloqueio porque assim o disparo do disjuntor de montante provocaria a falta de tensão a todos os IAR's e portanto o bloqueio de todos eles na posição de abertos; é assim necessário que cada ramificação seja explorada por sua vez.

Exemplo ilustrativo do funcionamento de IAR's em paralelo:

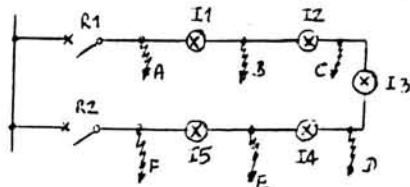


DEFEITO EM A : o defeito provoca disparo de R1, que por sua vez levará à abertura de I1 e I2 /// para haver selectividade tem de existir a preocupação de não se permitir a contagem simultânea de tempos de bloqueio em diferentes IAR's, de modo que o reaparecimento do defeito se faça a seguir ao fecho do único IAR que, em consequência disso, deve ser bloqueado; neste caso, se houver prioridade de pesquisa no ramo que comporta I1, terá que ser $t_{c2} > (t_{c1} + t_{b1})$ /// se houver prioridade de pesquisa no ramo que contém I2, terá que ser $t_{c1} > (t_{c2} + t_{b2})$

B) Princípio de funcionamento de comando malha-aberta :

Os IAR's com automatismo malha-aberta são de emprego bastante mais restrito visto se destinarem aos pontos de abertura das malhas. Este automatismo deriva do automatismo tensão-tempo e inclui, além das funções e temporizações descritas, uma temporização regulável adicional, designada por tempo de espera t_e , que inicia a contagem sempre que o IAR com automatismo malha-aberta perde a tensão dum dos lados. Se a tensão reaparece antes de decorrido o tempo de espera t_e , o IAR permanece aberto, senão o comando passa a comportar-se como um comando tensão-tempo.

Exemplo ilustrativo de princípio de funcionamento de comando malha-aberta:



[NOTA: O quadro de comando de I3 contém ainda um terceiro temporizador que arranca ao verificar-se uma falta de tensão só num dos lados do IAR. Se a tensão reaparece antes de decorrido o tempo de espera t_e , o IAR permanece aberto, senão o comando passa a comportar-se como um comando V-T.]

i) DEFEITO EM A : R1 abre, provocando a abertura de I1 e I2 /// quando R1 religa, se o defeito desapareceu, I1 recebe tensão e religa ao fim de t_{c1} , levando tensão até I2 que irá religar ao fim de t_{c2} /// se o defeito não reapareceu, R1 volta a abrir; decorrido t_e [$t_e > (t_{c1} + t_{c2})$, $t_e > (t_{c4} + t_{c5})$], I3 passa à forma de comando tensão-tempo e, após t_{c3} , fecha, restabelecendo o serviço até I2 via R2-I5-I4-I3; ao fim de t_{c2} , I2 fecha também, levando tensão até I1 /// se o defeito entretanto desapareceu, todo o serviço fica reposto com R1 aberto /// se o defeito não desapareceu, R2 abrirá, provocando a abertura de I5, I4, I3, I2 e I1 sucessivamente; como R2 vai abrir durante a contagem de t_{b1} , a religação de R2 levará os IAR a reporem o serviço fechando sucessivamente I5, I4, I3 e I2, permanecendo I1 aberto e isolando-se assim o troço com defeito de forma selectiva

[-defeito em F análogo a defeito em A devido a simetria da malha]

ii) DEFEITO EM B : R1 abre, provocando a abertura de I1 e I2 /// quando R1 religa, I1 recebe tensão e religa ao fim de t_{c1} /// se o defeito desapareceu, I2 religa ao fim de t_{c2} e como $t_e > (t_{c1} + t_{c2})$, o serviço restabelece-se até I3 (mantendo-se I3 aberto) /// se defeito não desapareceu, R1 volta a disparar durante a contagem de t_{b1} , pelo que, quando R1 religar, I1 fica bloqueado em aberto; entretanto, passado t_e , I3 passa à forma de comando tensão-tempo e como tem tensão do lado de I4, irá fechar ao fim de t_{c3} , levando tensão até I2 que fecha também ao fim de t_{c2} /// se o defeito entretanto desapareceu, a malha fica toda em serviço, embora interrompida em I1 /// se o defeito não desapareceu, R2 dispara, abrindo-se I5, I4, I3 e I2, ficando I2 bloqueado por R2 abrir durante a contagem de t_{b2} ; na religação de R2, o serviço repõe-se pelo fecho sucessivo de I5, I4 e I3, sendo o troço defeituoso entre I1 e I2 isolado selectivamente

[-defeito em E análogo a defeito em B devido a simetria da malha]

iii) DEFEITO EM C : comportamento do sistema semelhante ao descrito anteriormente, com a diferença de que em caso de defeito permanente o troço isolado selectivamente ser o que está entre I2 e I3

[-defeito em D análogo a defeito em C devido a simetria da malha]

III.3.5.2. Aproximações introduzidas no estudo

Num primeiro estudo, em que se considere que os consumidores não serão grandemente afectados pelas avarias do tipo transitório (o que por exemplo não será o caso de consumidores industriais cujo processo de fabrico não possa ser interrompido ou de consumidores com complexas redes computacionais que não suportem aquelas avarias), é possível modelizar o funcionamento dos IAR's do modo que a seguir descreverei. Considera-se que um defeito a jusante dum determinado IAR obrigará em condições normais apenas à actuação daquele IAR e que este o fará instantaneamente [ou seja, vai-se desprezar a sequência de aberturas e fechos do disjuntor e do IAR atrás descrita resultante das várias religações do disjuntor; tendo em conta a ordem de grandeza dos tempos de confirmação e bloqueio ($< 10s$) e dos próprios tempos das religações lentas (cerca de $15s$), tratam-se realmente de tempos bastante pouco significativos quando comparados, por

exemplo, com os tempos de reparação das várias avarias]; só assim não acontecerá quando, por motivo de avaria ou encravamento, o IAR não actuar quando lhe é exigido.

III.3.5.3. Dados referentes aos IAR's necessários para um estudo no âmbito das aproximações introduzidas

Como se considera neste estudo que o disparo do IAR será instantâneo no caso de ele detectar um defeito a jusante, não será necessário recolher dados referentes ao tempo de actuação definitivo do IAR em causa. Os dados necessários serão:

a) Probabilidade do IAR j não actuar quando lhe é exigido (P_{AIj}):

O funcionamento automático do IAR não sendo completamente fiável, existirá então uma probabilidade do IAR não actuar quando assim lhe é solicitado (informação que deverá ser fornecida pelos respectivos fabricantes). De referir desde já que, devido ao facto destas probabilidades assumirem valores bastante reduzidos, não se justificaria considerar a probabilidade de dois ou mais IAR's não actuarem quando lhes é exigido simultaneamente, pelo que apenas serão consideradas contingências de 1ª ordem.

b) Taxa de avarias do IAR (λ_{IARj}):

Esta taxa de avarias do IAR j é a correspondente à probabilidade de ocorrência de defeitos no próprio IAR, devendo também ser indicada pelos fabricantes. Também neste caso apenas se considerarão contingências de 1ª ordem.

c) Tempo médio de reparação das avarias no IAR (τ_{IAR}):

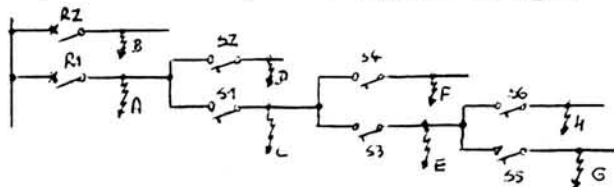
O tempo médio de reparação nos IAR's é considerado uniforme para todos os IAR's, devendo o seu valor ser indicado pelos fabricantes.

III.3.6. Dados referentes a interruptores auto-seccionadores (IAS's)

Os interruptores auto-seccionadores são conjuntos autónomos destinados à protecção de alimentações radiais de fraca potência em redes de distribuição de MT. Utilizam a técnica de conta-passagens a seguir descrita e necessitam da existência a montante de disjuntores equipados de dispositivos de religação automática. Os IAS's são montados no exterior nos próprios apoios das linhas aéreas.

III.3.6.1. Princípio de funcionamento dos IAS's

O princípio de funcionamento destes dispositivos com conta-passagens vai ser explicado com a ajuda do seguinte exemplo:



i) DEFEITO EM A(OU B): só são detectados pelos relés que actuam sobre R1(ou R2) e só por estes podem ser isolados após as religações previstas

ii) DEFEITO EM C(OU D): se o defeito em C(ou D) for suficientemente longo para dar lugar ao disparo temporizado de R1, o contador de passagens de S1(ou S2) regista a 1ª passagem da corrente de defeito /// entretanto R1 abre e segue-se a 1ª religação lenta: se defeito desapareceu tudo continua em funcionamento normal, senão desapareceu há registo da 2ª passagem da corrente de defeito /// R1 volta a abrir (disparo temporizado), havendo de seguida nova religação lenta /// se defeito desapareceu, tudo volta ao funcionamento normal, senão regista-se a 3ª passagem da corrente de defeito que provoca a abertura de S1 (ou S2) /// como os IAS's não têm poder de corte suficiente para a corrente de defeito é necessário que haja um novo disparo de R1(ou R2) para que S1(S2) abra realmente /// a religação lenta seguinte de R1 restabelece o serviço do troço da rede a montante de S1(S2) ⇒ **o troço da rede protegido por S1(S2) beneficiou das religações de S1(S2), tendo sido isolado selectivamente**

iii) DEFEITO EM E(OU F): aproveitando-se a técnica de conta-passagens tem-se que para haver selectividade entre a abertura de S3(ou S4) e a abertura de S1 é necessário que S3(ou S4) abram logo à 2ª passagem da corrente de defeito ⇒ **o troço que S3(ou S4) protege beneficiam de pelo menos uma religação**

iv) DEFEITO EM G(OU H): há selectividade na abertura de S5(ou S6) em relação à abertura for dada logo a seguir à 1ª passagem da corrente de defeito ⇒ **a zona avariada, a jusante de S5(ou S6), fica logo eliminada sem beneficiar das tentativas de eliminação de defeito que as religações proporcionam**

III.3.6.2. Dados necessários ao estudo de introdução dos IAS's

Neste estudo, não se pretendendo analisar os efeitos das avarias transitórias, apenas as permanentes, pode-se considerar que o funcionamento dos IAS's em conjugação com os disjuntores equipados de dispositivos de religação automática acaba por ser idêntico ao dos IAR's. Em termos de cálculo de END, com as aproximações que estou a adoptar, o IAS tem o mesmo tipo de actuação, embora, como acabámos de ver, esse objectivo seja de prossecução razoavelmente distinta. Assim, os dados necessários serão em tudo análogos aos que se utilizavam para os IAR's, tendo que se obter os valores de P_{IASj} , λ_{IASj} e r_{IASj} referentes aos diversos IAS's junto aos seus respectivos fabricantes.

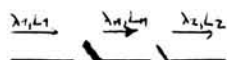
III.4. Introdução de seccionadores

No desenvolvimento das várias expressões que apresentarei a seguir, cheguei à conclusão que a análise duma rede radial ramificada é exactamente semelhante à análise duma rede não ramificada, devendo-se isso ao tipo de taxa de avarias que adoptei para desenvolver as expressões (taxas de avarias correspondentes a todos os troços a jusante dum determinado ponto). Sendo assim, decidi, na tentativa de não agravar mais ainda a complexidade das expressões a desenvolver, apenas analisar redes radiais não ramificadas.

III.4.1. Rede só com seccionadores (nenhum seccionador a montante)

$$END_{s/secn} = (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + \lambda_2 s_2 L_1 + \lambda_2 r L_2 + \lambda_{sec2} r_{sec} L_1$$

$$END_{c/secn} = (\lambda_1 - \lambda_n)rL_1 + (\lambda_n - \lambda_2)s_n L_1 + (\lambda_n - \lambda_2)rL_n + \lambda_{secn} r_{sec} L_1 + \lambda_2 s_2 L_1 + \lambda_2 r L_2 + \lambda_{sec2} s_n L_1 + \lambda_{sec2} r_{sec} L_n$$



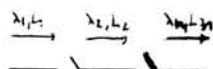
	L_1	L_2
λ_1	λ	
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ
λ_{sec2}	λ_{sec}	

	L_1	L_n	L_2
λ_1	λ		
λ_n	$-\lambda + s_n$	λ	
λ_2	$-s_n + s_2$	$-\lambda$	λ
λ_{secn}	λ_{sec}		
λ_{sec2}	s_n	λ_{sec}	

III.4.2. Rede só com seccionadores (nenhum seccionador a jusante)

$$END_{s/secn} = (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + \lambda_2 s_2 L_1 + \lambda_2 r L_2 + \lambda_{sec2} r_{sec} L_1$$

$$END_{c/secn} = (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)s_2 L_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)rL_2 + \lambda_{sec2} r_{sec} L_1 + \lambda_n s_n L_1 + \lambda_n r L_n + \lambda_{secn} s_2 L_1 + \lambda_{secn} r_{sec} L_2$$



	L_1	L_2
λ_1	r	
λ_2	$-r + s_2$	r
λ_{sec2}	r_{sec}	

	L_1	L_2	L_n
λ_1	r		
λ_2	$-r + s_2$	r	
λ_n	$-r + s_n$	$-r$	r
λ_{sec2}	r_{sec}		
λ_{secn}	s_2	r_{sec}	

III.4.3. Rede só com seccionadores (seccionadores a montante e a jusante)

$$END_{s/secn} = (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{sec2}r_{sec}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \lambda_{sec3}s_2L_1 + \lambda_{sec3}r_{sec}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{sec4}s_3L_1 + \lambda_{sec4}r_{sec}L_3 + \lambda_5s_5L_1 + \lambda_5rL_5 + \lambda_{sec5}s_4L_1 + \lambda_{sec5}r_{sec}L_4$$

$$END_{c/secn} = (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{sec2}r_{sec}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n)s_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n)rL_3 + \lambda_{sec3}s_2L_1 + \lambda_{sec3}r_{sec}L_2 + (\lambda_n - \lambda_4)s_nL_1 + (\lambda_n - \lambda_4)rL_n + \lambda_{secn}s_3L_1 + \lambda_{secn}r_{sec}L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{sec4}s_nL_1 + \lambda_{sec4}r_{sec}L_n + \lambda_5s_5L_1 + \lambda_5rL_5 + \lambda_{sec5}s_4L_1 + \lambda_{sec5}r_{sec}L_4$$

$$\lambda_1, L_1 \rightarrow \lambda_2, L_2 \rightarrow \lambda_3, L_3 \rightarrow \lambda_4, L_4 \rightarrow \lambda_5, L_5$$

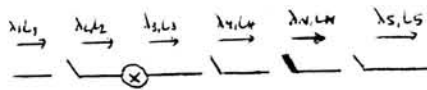
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
λ_1	r				
λ_2	$-r + s_2$	r			
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-r$	r		
λ_4	$-s_3 + s_4$		$-r$	r	
λ_5	$-s_4 + s_5$			$-r$	r
λ_{sec2}	r_{sec}				
λ_{sec3}	s_2	r_{sec}			
λ_{sec4}	s_3		r_{sec}		
λ_{sec5}	s_4			r_{sec}	

	L_1	L_2	L_3	L_n	L_4	L_5
λ_1	r					
λ_2	$-r + s_2$	r				
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-r$	r			
λ_n	$-s_3 + s_n$		$-r$	r		
λ_4	$-s_n + s_4$			$-r$	r	
λ_5	$-s_4 + s_5$				$-r$	r
λ_{sec2}	r_{sec}					
λ_{sec3}	s_2	r_{sec}				
λ_{secn}	s_3		r_{sec}			
λ_{sec4}	s_n			r_{sec}		
λ_{sec5}	s_4				r_{sec}	

III.4.4. Rede com um IAR a montante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{secn}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)s_2P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{I}3}s_2L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}3}r_{\text{IAR}}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_5s_5P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_5s_5(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_5rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}5}s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}L_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{secn}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)s_2P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{I}3}s_2L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}3}r_{\text{IAR}}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_n)s_4P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_4 - \lambda_n)s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_n)rL_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_n - \lambda_5)s_nP_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_5)s_n(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_n - \lambda_5)rL_n + \lambda_{\text{secn}}s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{secn}}s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{secn}}r_{\text{sec}}L_4 + \lambda_5s_5P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_5s_5(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_5rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}s_nP_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5}s_n(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}L_n \end{aligned}$$



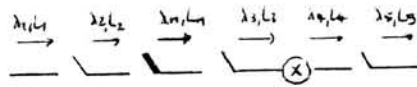
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
λ_1	λ				
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ			
λ_3	$-s_2 + s_2 P_{\text{AI}3}$	$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}3}$	$\lambda (1 - P_{\text{AI}3})$		
λ_4	$-s_2 P_{\text{AI}3} + s_4 P_{\text{AI}3}$	$-\lambda P_{\text{AI}3}$	$-\lambda (1 - P_{\text{AI}3}) + s_4 (1 - P_{\text{AI}3})$	λ	
λ_5	$-s_4 P_{\text{AI}3} + s_5 P_{\text{AI}3}$		$-s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) + s_5 (1 - P_{\text{AI}3})$	$-\lambda$	λ
$\lambda_{\text{sec}2}$	λ_{sec}				
$\lambda_{\text{sec}3}$	s_2	λ_{sec}			
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}} P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}3})$		
$\lambda_{\text{sec}5}$	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4 (1 - P_{\text{AI}3})$	λ_{sec}	

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_n	L_5
λ_1	λ					
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ				
λ_3	$-s_2 + s_2 P_{\text{AI}3}$	$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}3}$	$\lambda (1 - P_{\text{AI}3})$			
λ_4	$-s_2 P_{\text{AI}3} + s_4 P_{\text{AI}3}$	$-\lambda P_{\text{AI}3}$	$-\lambda (1 - P_{\text{AI}3}) + s_4 (1 - P_{\text{AI}3})$	λ		
λ_n	$-s_4 P_{\text{AI}3} + s_n P_{\text{AI}3}$		$-s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) + s_n (1 - P_{\text{AI}3})$	$-\lambda$	λ	
λ_5	$-s_n P_{\text{AI}3} + s_5 P_{\text{AI}3}$		$-s_n (1 - P_{\text{AI}3}) + s_5 (1 - P_{\text{AI}3})$		$-\lambda$	λ
$\lambda_{\text{sec}2}$	λ_{sec}					
$\lambda_{\text{sec}3}$	s_2	λ_{sec}				
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}} P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}3})$			
λ_{secn}	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4 (1 - P_{\text{AI}3})$	λ_{sec}		
$\lambda_{\text{sec}5}$	$s_n P_{\text{AI}3}$		$s_n (1 - P_{\text{AI}3})$		λ_{sec}	

III.4.6. Rede com um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a montante do IAR)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{secn}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \lambda_{\text{sec}3}s_2L_1 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_3P_{\text{AI}4}L_1 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5)rP_{\text{AI}4}L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)r(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_{\text{I}4}s_3L_1 + \lambda_{\text{I}4}r_{\text{IAR}}L_3 + \lambda_5s_5P_{\text{AI}4}L_1 + \\ & + \lambda_5s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_5rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}s_3P_{\text{AI}4}L_1 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}4}L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})L_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{secn}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_3)s_nL_1 + (\lambda_n - \lambda_3)rL_n + \lambda_{\text{secn}}s_2L_1 + \lambda_{\text{secn}}r_{\text{sec}}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \lambda_{\text{sec}3}s_nL_1 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)s_3P_{\text{AI}4}L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5)rP_{\text{AI}4}L_3 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5)r(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_{\text{I}4}s_3L_1 + \lambda_{\text{I}4}r_{\text{IAR}}L_3 + \lambda_5s_5P_{\text{AI}4}L_1 + \\ & + \lambda_5s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_5rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}s_3P_{\text{AI}4}L_1 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}4}L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})L_4 \end{aligned}$$



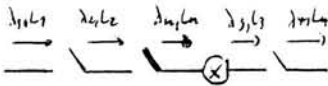
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
λ_1	r				
λ_2	$-r + s_2$	r			
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-r$	r		
λ_4	$-s_3 + s_3P_{\text{AI}4}$		$-r + rP_{\text{AI}4}$	$r(1 - P_{\text{AI}4})$	
λ_5	$-s_3P_{\text{AI}4} + s_5P_{\text{AI}4}$		$-rP_{\text{AI}4}$	$-r(1 - P_{\text{AI}4}) + s_5(1 - P_{\text{AI}4})$	r
$\lambda_{\text{sec}2}$	r_{sec}				
$\lambda_{\text{sec}3}$	s_2	r_{sec}			
$\lambda_{\text{sec}4}$	s_3		r_{sec}		
$\lambda_{\text{sec}5}$	$s_3P_{\text{AI}4}$		$r_{\text{sec}}P_{\text{AI}4}$	$r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})$	

	L_1	L_2	L_n	L_3	L_4	L_5
λ_1	r					
λ_2	$-r + s_2$	r				
λ_n	$-s_2 + s_n$	$-r$	r			
λ_3	$-s_3 + s_3$		$-r$	r		
λ_4	$-s_3 + s_3P_{\text{AI}4}$			$-r + rP_{\text{AI}4}$	$r(1 - P_{\text{AI}4})$	
λ_5	$s_3P_{\text{AI}4} + s_5P_{\text{AI}4}$			$-rP_{\text{AI}4}$	$-r(1 - P_{\text{AI}4}) + s_5(1 - P_{\text{AI}4})$	r
$\lambda_{\text{sec}2}$	r_{sec}					
λ_{secn}	s_2	r_{sec}				
$\lambda_{\text{sec}3}$	s_n		r_{sec}			
$\lambda_{\text{I}4}$	s_3			r_{IAR}		
$\lambda_{\text{sec}5}$	$s_3P_{\text{AI}4}$			$r_{\text{sec}}P_{\text{AI}4}$	$r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})$	

III.4.7 Rede com um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a montante do IAR)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{secn}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)s_2P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{I}3}s_2L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}3}r_{\text{IAR}}L_2 + \lambda_4s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_4s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_4rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{secn}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_3)s_nL_1 + (\lambda_n - \lambda_3)rL_n + \lambda_{\text{secn}}s_2L_1 + \lambda_{\text{secn}}r_{\text{sec}}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_nP_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)rP_{\text{AI}3}L_n + (\lambda_3 - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{I}3}s_nL_1 + \lambda_{\text{I}3}r_{\text{IAR}}L_n + \lambda_4s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_4s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_4rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}s_nP_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}3}L_n + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 \end{aligned}$$

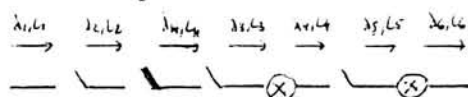


	L_1	L_2	L_3	L_4
λ_1	λ			
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ		
λ_3	$-s_2 + s_2 P_{\text{AI}3}$	$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}3}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}3})$	
λ_4	$-s_2 P_{\text{AI}3} + s_4 P_{\text{AI}3}$	$-\lambda P_{\text{AI}3}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AI}3}) + s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	λ
$\lambda_{\text{sec}2}$	λ_{sec}			
$\lambda_{\text{I}3}$	s_2	λ_{IAR}		
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}} P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})$	

	L_1	L_2	L_n	L_3	L_4
λ_1	λ				
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ			
λ_n	$-s_2 + s_n$	$-\lambda$	λ		
λ_3	$-s_n + s_n P_{\text{AI}3}$		$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}3}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}3})$	
λ_4	$-s_n P_{\text{AI}3} + s_4 P_{\text{AI}3}$		$-\lambda P_{\text{AI}3}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AI}3}) + s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	λ
$\lambda_{\text{sec}2}$	λ_{sec}				
$\lambda_{\text{sec}n}$	s_2	λ_{sec}			
$\lambda_{\text{I}3}$	s_n		λ_{IAR}		
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_n P_{\text{AI}3}$		$\lambda_{\text{sec}} P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})$	

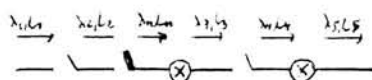
III.4.8. Rede com mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

(modificações exactamente semelhantes às realizadas no ponto III.4.6., por isso dispensa-se o desenvolvimento desta expressão)



III.4.9. Rede com mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

(modificações exactamente semelhantes às realizadas no ponto III.4.7., por isso dispensa-se o desenvolvimento desta expressão)

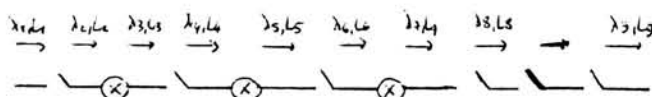


III.4.10. Rede com mais que um IAR a montante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante)

(a partir deste ponto só serão desenvolvidas as partes da expressão que irão sofrer modificações, já que como se pôde constatar nas expressões até agora desenvolvidas, só há lugar a modificações em parte delas)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 P_{AI7} L_5 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 (1 - P_{AI7}) L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r L_8 + \\ & + \lambda_{\text{sec}8} s_6 P_{AI7} L_5 + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} P_{AI7} L_6 + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI7}) L_7 + \lambda_9 s_9 P_{AI7} L_5 + \\ & + \lambda_9 s_9 (1 - P_{AI7}) L_7 + \lambda_9 r L_9 + \lambda_{\text{sec}9} s_8 P_{AI7} L_5 + \lambda_{\text{sec}9} s_8 (1 - P_{AI7}) L_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} L_8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_8 - \lambda_n) s_8 P_{AI7} L_5 + (\lambda_8 - \lambda_n) s_8 (1 - P_{AI7}) L_7 + (\lambda_8 - \lambda_n) r L_8 + \\ & + \lambda_{\text{sec}8} s_6 P_{AI7} L_5 + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI7}) L_7 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_9) s_n P_{AI7} L_5 + (\lambda_n - \lambda_9) s_n (1 - P_{AI7}) L_7 + (\lambda_n - \lambda_9) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_8 P_{AI7} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} s_8 (1 - P_{AI7}) L_7 + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} L_8 + \lambda_9 s_9 P_{AI7} L_5 + \lambda_9 s_9 (1 - P_{AI7}) L_7 + \lambda_9 r L_9 + \\ & + \lambda_{\text{sec}9} s_n P_{AI7} L_5 + \lambda_{\text{sec}9} s_n (1 - P_{AI7}) L_7 + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} L_n \end{aligned}$$



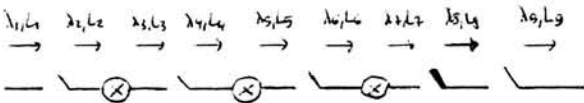
	L5	L6	L7	L8	L9
λ8	S5 P5I7		S3 (1-P5I7)	2	
λ9	-S5 P5I7 + S5 P5I7		-S3 (1-P5I7) + S3 (1-P5I7)	-2	2
λsec8	S6 P5I7	2sec P5I7	2sec (1-P5I7)		
λsec9	S8 P5I7		S3 (1-P5I7)	2sec	

	L5	L7	L8	Ln	Ly
λ8	S3 P5I7	S3 (1-P5I7)	2		
λ6	-S3 P5I7 + S5 P5I7	-S3 (1-P5I7) + S5 (1-P5I7)	-2	2	
λ9	-S5 P5I7 + S5 P5I7	-S5 (1-P5I7) + S5 (1-P5I7)		-2	2
λsec8	S6 P5I7	2sec (1-P5I7)			
λsecn	S8 P5I7	S3 (1-P5I7)	2sec		
λsecy	S5 P5I7	S5 (1-P5I7)		2sec	

III.4.11. Rede com mais que um IAR a montante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante)

END_{s/sec} = ... + (λ7-λ8)s6PAI7L5 + (λ7-λ8)rPAI7L6 + (λ7-λ8)r(1-PAI7)L7 + λI7s6PAI5L3 + λI7s6(1-PAI5)L5 + λI7rIARL6 + λ8s8PAI7L5 + λ8s8(1-PAI7)L7 + λ8rL8 + λsec8s6PAI7L5 + λsec8rsecPAI7L6 + λsec8rsec(1-PAI7)L7

END_{c/sec} = ... + (λ7-λn)s6PAI7L5 + (λ7-λn)rPAI7L6 + (λ7-λn)r(1-PAI7)L7 + λI7s6PAI5L3 + λI7s6(1-PAI5)L5 + λI7rIARL6 + (λn-λ8)s6PAI7L5 + (λn-λ8)s6(1-PAI7)L7 + (λn-λ8)rLn + λsecns6PAI7L5 + λsecnrsecPAI7L6 + λsecnrsec(1-PAI7)L7 + λ8s8PAI7L5 + λ8s8(1-PAI7)L7 + λ8rL8 + λsec8s6PAI7L5 + λsec8s6(1-PAI7)L7 + λsec8rsecLn



	L3	L5	L6	L7	Ln	L8
λ1		S6 P5I7	2 P5I7	2 (1-P5I7)		
λ2		-S6 P5I7 + S5 P5I7	-2 P5I7	-2 (1-P5I7) + S5 (1-P5I7)	2	
λ3		-S5 P5I7 + S5 P5I7		-S5 (1-P5I7) + S5 (1-P5I7)	-2	2
λI7	S6 P5I5	S6 (1-P5I5)	2sec			
λsecn		S6 P5I7	2sec P5I7	2sec (1-P5I7)		
λsec8		S5 P5I7		S5 (1-P5I7)	2sec	

III.4.12. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante
(seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e
não imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\text{END}_{s/\text{sec}} = \dots + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 P_{AI3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5) r L_4 +$$

$$+ \lambda_{\text{sec}4} s_2 P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} P_{AI3} L_2 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 P_{AI3} L_1 +$$

$$+ (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) r L_5 + \lambda_{\text{sec}5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 +$$

$$+ \lambda_{\text{sec}5} r_{\text{sec}} L_4 + \dots$$

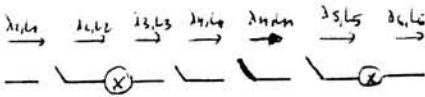
$$\text{END}_{c/\text{sec}} = \dots + (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 P_{AI3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_n) r L_4 +$$

$$+ \lambda_{\text{sec}4} s_2 P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} P_{AI3} L_2 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_n - \lambda_5) s_n P_{AI3} L_1 +$$

$$+ (\lambda_n - \lambda_5) s_n (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_n - \lambda_5) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}n} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 +$$

$$+ \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 P_{AI3} L_1 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) r L_5 +$$

$$+ \lambda_{\text{sec}5} s_n P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}5} s_n (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{\text{sec}5} r_{\text{sec}} L_n + \dots$$



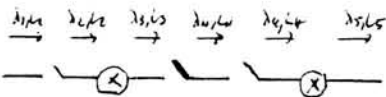
	L1	L2	L3	L4	L5
λ4	+S4 P _{AI3}		s4 (1 - P _{AI3})	r	
λ5	-S4 P _{AI3} + S5 P _{AI3}		-S4 (1 - P _{AI3}) + S5 (1 - P _{AI3})	-r	r
λ6	-S5 P _{AI3}		-S5 (1 - P _{AI3})		-r
λ _{sec4}	S2 P _{AI3}	r _{sec} P _{AI3}	r _{sec} (1 - P _{AI3})		
λ _{sec5}	S4 P _{AI3}		S4 (1 - P _{AI3})	r _{sec}	

	L1	L3	L4	L4	L5	L6
λ4	S4 P _{AI3}	S4 (1 - P _{AI3})	r			
λ5	-S4 P _{AI3} + S5 P _{AI3}	-S4 (1 - P _{AI3}) + S5 (1 - P _{AI3})	-r	r		
λ6	-S5 P _{AI3}	-S5 (1 - P _{AI3})		-r	r	
λ _{sec4}	S2 P _{AI3}					
λ _{secn}	S4 P _{AI3}	S4 (1 - P _{AI3})	r _{sec}			
λ _{sec5}	S4 P _{AI3}	S4 (1 - P _{AI3})		r _{sec}		

III.4.13. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante
(seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e não
imediatamente a montante do IAR a jusante)

END_{s/sec} = ... + (λ₃-λ₄)s₂P_{AI3}L₁ + (λ₃-λ₄)rP_{AI3}L₂ + (λ₃-λ₄)rL₃ +
+ λ_{I3}s₂L₁ + λ_{I3}rIARL₂ + (λ₄-λ₅)s₄P_{AI3}L₁ + (λ₄-λ₅)s₄(1-P_{AI3})L₃ + (λ₄-λ₅)rL₄ +
+ λ_{sec4}s₂P_{AI3}L₁ + λ_{sec4}r_{sec}P_{AI3}L₂ + λ_{sec4}r_{sec}(1-P_{AI3})L₃ + ...

END_{c/sec} = ... + (λ₃-λ_n)s₂P_{AI3}L₁ + (λ₃-λ_n)rP_{AI3}L₂ + (λ₃-λ_n)r(1-P_{AI3})L₃ +
+ λ_{I3}s₂L₁ + λ_{I3}rIARL₂ + (λ_n-λ₄)s_nP_{AI3}L₁ + (λ_n-λ₄)s_n(1-P_{AI3})L₃ + (λ_n-λ₄)rL_n +
+ λ_{secn}s₂P_{AI3}L₁ + λ_{secn}r_{sec}P_{AI3}L₂ + λ_{secn}r_{sec}(1-P_{AI3})L₃ + (λ₄-λ₅)s₄P_{AI3}L₁ +
+ (λ₄-λ₅)s₄(1-P_{AI3})L₃ + (λ₄-λ₅)rL₄ + λ_{sec4}s_nP_{AI3}L₁ + λ_{sec4}s_n(1-P_{AI3})L₃ +
+ λ_{sec4}r_{sec}L_n + ...



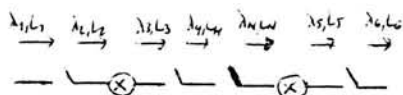
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
λ ₃	s ₂ P _{AI3}	rP _{AI3}	r	
λ ₄	-s ₂ P _{AI3} + s ₄ P _{AI3}	-rP _{AI3}	-r + s ₄ (1-P _{AI3})	r
λ ₅	-s ₄ P _{AI3}		-s ₄ (1-P _{AI3})	-r
λ _{ES}	s ₂	r _{sec}		
λ _{sec4}	s ₂ P _{AI3}	r _{sec} P _{AI3}	r _{sec} (1-P _{AI3})	

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
λ ₃	s ₂ P _{AI3}	rP _{AI3}	r(1-P _{AI3})		
λ _n	-s ₂ P _{AI3} + s _n P _{AI3}	-rP _{AI3}	-r(1-P _{AI3}) + s _n (1-P _{AI3})	r	
λ ₄	-s ₄ P _{AI3} + s ₄ P _{AI3}		-r(1-P _{AI3}) + s ₄ (1-P _{AI3})	-r	r
λ ₅	-s ₄ P _{AI3}		-s ₄ (1-P _{AI3})		-r
λ _{ES}	s ₂	r _{sec}			
λ _{sec4}	s ₂ P _{AI3}	r _{sec} P _{AI3}	r _{sec} (1-P _{AI3})		
λ _{sec4}	s ₂ P _{AI3}		s _n (1-P _{AI3})	r _{sec}	

III.4.14. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante
(seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e
imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 P_{AI3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5) r L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4} s_2 P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} P_{AI3} L_2 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{AI5} L_1 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \\ & + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + \lambda_6 s_6 P_{AI5} L_3 + \lambda_6 s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_6 r L_6 + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 P_{AI3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_n) r L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4} s_2 P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} P_{AI3} L_2 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_n - \lambda_5) s_n P_{AI3} L_1 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_5) s_n (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_n - \lambda_5) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}n} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_n P_{AI5} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_n + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_n P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_n (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_n + \lambda_6 s_6 P_{AI5} L_3 + \lambda_6 s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_6 r L_6 + \lambda_{\text{sec}6} s_n P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_n + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 \end{aligned}$$



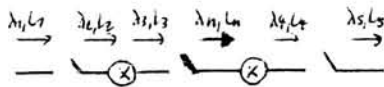
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
λ ₄	s ₄ P _{AI3}		s ₄ (1 - P _{AI3})	λ		
λ ₅	-s ₄ P _{AI3} + s ₄ P _{AI5}		-s ₄ (1 - P _{AI3})	-λ + λ P _{AI5}	λ (1 - P _{AI5})	
λ ₆	-s ₄ P _{AI5}		s ₆ P _{AI5}	-λ P _{AI5}	-λ (1 - P _{AI5}) + λ ₆ (1 - P _{AI5})	λ
λ _{sec4}	s ₂ P _{AI3}	λ _{sec4} P _{AI3}	λ _{sec4} (1 - P _{AI3})			
λ _{IS}	s ₄ P _{AI3}		s ₄ (1 - P _{AI3})	λ _{IS}		
λ _{sec6}			s ₄ P _{AI5}	λ _{sec6} P _{AI5}	λ _{sec6} (1 - P _{AI5})	

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
λ ₄	s ₄ P _{AI3}		s ₄ (1 - P _{AI3})	λ		
λ _n	-s ₄ P _{AI3} + s _n P _{AI5}		-s ₄ (1 - P _{AI3}) + s _n (1 - P _{AI5})	-λ	λ	
λ ₅	-s ₄ P _{AI5}		-s _n (1 - P _{AI5}) + s _n P _{AI5}	-λ + λ P _{AI5}	λ (1 - P _{AI5})	
λ ₆			-s _n (P _{AI5}) + s ₆ P _{AI5}	-λ P _{AI5}	-λ (1 - P _{AI5}) + λ ₆ (1 - P _{AI5})	λ
λ _{sec4}	s ₂ P _{AI3}	λ _{sec4} P _{AI3}	λ _{sec4} (1 - P _{AI3})			
λ _{secn}	s ₄ P _{AI3}		s _n (1 - P _{AI3})	λ _{secn}		
λ _{IS}	s ₄ P _{AI3}		s _n (1 - P _{AI3})	λ _{IS}		
λ _{sec6}			s _n P _{AI5}	λ _{sec6} P _{AI5}	λ _{sec6} (1 - P _{AI5})	

III.4.15. Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante
(seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e
imediatamente a montante do IAR a jusante)

END_{s/sec} = ... + (λ₃-λ₄)s₂P_{AI3}L₁ + (λ₃-λ₄)rP_{AI3}L₂ + (λ₃-λ₄)r(1-P_{AI3})L₃ +
+ λ_{I3}s₂L₁ + λ_{I3}rIARL₂ + (λ₄-λ₅)rP_{AI4}L₃ + (λ₄-λ₅)r(1-P_{AI4})L₄ +
+ λ_{I4}s₂P_{AI3}L₁ + λ_{I4}rIARP_{AI3}L₂ + λ_{I4}rIAR(1-P_{AI3})L₃ + λ₅s₅P_{AI4}L₃ +
+ λ₅s₅(1-P_{AI4})L₄ + λ₅rL₅ + λ_{sec5}r_{sec}P_{AI4}L₃ + λ_{sec5}r_{sec}(1-P_{AI4})L₄

END_{c/sec} = ... + (λ₃-λ_n)s₂P_{AI3}L₁ + (λ₃-λ_n)rP_{AI3}L₂ + (λ₃-λ_n)r(1-P_{AI3})L₃ +
+ λ_{I3}s₂L₁ + λ_{I3}rIARL₂ + (λ_n-λ₄)s_nP_{AI3}L₁ + (λ_n-λ₄)s_n(1-P_{AI3})L₃ + (λ_n-λ₄)rL_n +
+ λ_{secn}s₂P_{AI3}L₁ + λ_{secn}r_{sec}P_{AI3}L₂ + λ_{secn}r_{sec}(1-P_{AI3})L₃ + (λ₄-λ₅)s_nP_{AI4}L₃ +
+ (λ₄-λ₅)rP_{AI4}L_n + (λ₄-λ₅)r(1-P_{AI4})L₄ + λ_{I4}s_nP_{AI3}L₁ + λ_{I4}s_n(1-P_{AI3})L₃ +
+ λ_{I4}rIARL_n + λ₅s₅P_{AI4}L₃ + λ₅s₅(1-P_{AI4})L₄ + λ₅rL₅ + λ_{sec5}s_nP_{AI4}L₃ +
+ λ_{sec5}r_{sec}P_{AI4}L_n + λ_{sec5}r_{sec}(1-P_{AI4})L₄

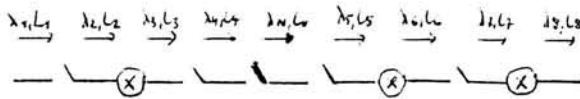


	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
λ ₃	s ₂ P _{AI3}	λ P _{AI3}	λ (1-P _{AI3})		
λ ₄	-s ₂ P _{AI3}	-λ P _{AI3}	-λ (1-P _{AI3}) + λ P _{AI4}	λ (1-P _{AI4})	
λ ₅			-λ P _{AI4} + s ₅ P _{AI4}	-λ (1-P _{AI4}) + s ₅ (1-P _{AI4})	λ
λ _{I3}	s ₂	λ _{sec}			
λ _{I4}	s ₂ λ ₅	λ _{sec} P _{AI3}	λ _{sec} (1-P _{AI3})	λ _{sec} (1-P _{AI4})	
λ _{sec5}			λ _{sec} P _{AI4}		

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
λ ₃	s ₂ P _{AI3}	λ P _{AI3}	λ (1-P _{AI3})		
λ ₄	-s ₂ P _{AI3} + s _n P _{AI3}	-λ P _{AI3}	-λ (1-P _{AI3}) + s _n (1-P _{AI3})	λ	
λ ₅	-s _n P _{AI3}		-s _n (1-P _{AI3}) + s _n P _{AI4}	λ P _{AI4}	λ (1-P _{AI4})
λ _{I3}	s ₂	λ _{sec}			
λ _{I4}	s ₂ λ ₅	λ _{sec} P _{AI3}	λ _{sec} (1-P _{AI3})		
λ _{sec5}				λ _{sec}	
λ _{I5}	s _n P _{AI3}	s _n (1-P _{AI3})			
λ _{sec5}			s _n P _{AI4}	λ _{sec} P _{AI4}	λ _{sec} (1-P _{AI4})

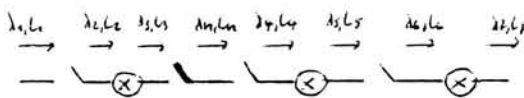
III.4.16. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

(modificações exactamente semelhantes às realizadas no ponto III.4.12., por isso dispensa-se o desenvolvimento desta expressão)



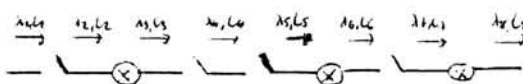
III.4.17. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

(modificações exactamente semelhantes às realizadas no ponto III.4.13., por isso dispensa-se o desenvolvimento desta expressão)



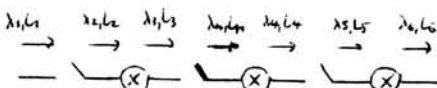
III.4.18. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

(modificações exactamente semelhantes às realizadas no ponto III.4.14., por isso dispensa-se o desenvolvimento desta expressão)



III.4.19. Rede com um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

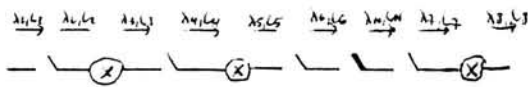
(modificações exactamente semelhantes às realizadas no ponto III.4.15., por isso dispensa-se o desenvolvimento desta expressão)



III.4.20. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_6 - \lambda_n) s_6 P_{AI5} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_n) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_n) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_7) s_n P_{AI5} L_3 + (\lambda_n - \lambda_7) s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_n - \lambda_7) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_6 P_{AI5} L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI5} L_3 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_n P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}7} s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_n + \dots \end{aligned}$$



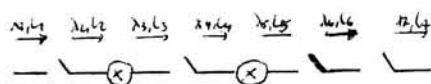
	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
λ_6	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	λ	
λ_7	$-s_6 P_{AI5} + s_7 P_{AI5}$		$s_7 (1 - P_{AI5})$		λ
λ_8	$-s_7 P_{AI5}$		$-s_7 (1 - P_{AI5})$		$-\lambda$
$\lambda_{\text{sec}6}$	$s_4 P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} (1 - P_{AI5})$		
$\lambda_{\text{sec}7}$	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	$\lambda_{\text{sec}7}$	

	L_3	L_4	L_5	L_6	L_n	L_7
λ_6	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	λ		
λ_7	$-s_6 P_{AI5} + s_n P_{AI5}$		$-s_6 (1 - P_{AI5})$	$-\lambda$	λ	
λ_8	$-s_n P_{AI5} + s_7 P_{AI5}$		$s_n (1 - P_{AI5}) + s_7 P_{AI5}$		$-\lambda$	λ
λ_9	$-s_7 P_{AI5}$		$-s_n (1 - P_{AI5}) - s_7 P_{AI5}$			$-\lambda$
$\lambda_{\text{sec}6}$	$s_4 P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} (1 - P_{AI5})$			
$\lambda_{\text{sec}n}$	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	$\lambda_{\text{sec}n}$		
$\lambda_{\text{sec}7}$	$s_n P_{AI5}$		$s_n (1 - P_{AI5})$		$\lambda_{\text{sec}7}$	

III.4.21. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{AI5} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_n) s_4 P_{AI5} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_n) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_n) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_n - \lambda_6) s_n P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_6) s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_n - \lambda_6) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_n P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} L_n + \dots \end{aligned}$$



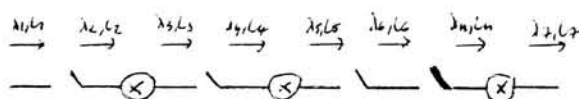
	L ₁	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
λ ₅		s ₄ P _{AI5}	r P _{AI5}	λ (1 - P _{AI5})	
λ ₆		-s ₄ P _{AI5} + s ₆ P _{AI5}	-r P _{AI5}	-λ (1 - P _{AI5}) + s ₆ (1 - P _{AI5})	λ
λ ₇		-s ₆ P _{AI5}		-s ₆ (1 - P _{AI5})	-λ
λ _{I5}	s ₄ P _{AI3}	s ₄ (1 - P _{AI3})	r _{IAR}		
λ _{sec6}		s ₄ P _{AI5}	λ _{sec6} P _{AI5}	λ _{sec6} (1 - P _{AI5})	

	L ₁	L ₃	L ₄	L ₅	L _n	L ₆
λ ₅		s ₄ P _{AI5}	r P _{AI5}	λ (1 - P _{AI5})		
λ ₆		-s ₄ P _{AI5} + s _n P _{AI5}	-r P _{AI5}	-λ (1 - P _{AI5}) + s _n (1 - P _{AI5})	λ	
λ ₇		-s _n P _{AI5} + s ₆ P _{AI5}		-s _n (1 - P _{AI5}) + s ₆ (1 - P _{AI5})	-λ	λ
λ _{I5}	s ₄ P _{AI3}	s ₄ (1 - P _{AI3})	r _{IAR}			
λ _{secn}		s ₄ P _{AI5}	λ _{secn} P _{AI5}	λ _{secn} (1 - P _{AI5})		
λ _{sec6}		s _n P _{AI5}		s _n (1 - P _{AI5})	λ _{sec6}	

III.4.22. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI3} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_6 P_{AI7} L_5 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) r P_{AI7} L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) r (1 - P_{AI7}) L_7 + \lambda_{I7} s_6 P_{AI5} L_3 + \lambda_{I7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I7} r_{IAR} L_6 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_6 - \lambda_n) s_6 P_{AI5} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_n) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_n) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_7) s_n P_{AI5} L_3 + (\lambda_n - \lambda_7) s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_n - \lambda_7) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_6 P_{AI5} L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_n P_{AI7} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r P_{AI7} L_n + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) r (1 - P_{AI7}) L_7 + \lambda_{I7} s_n P_{AI5} L_3 + \lambda_{I7} s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I7} r_{IAR} L_n + \dots \end{aligned}$$



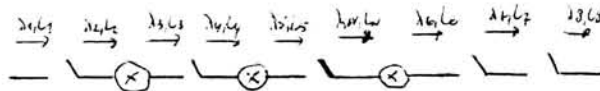
	L3	L4	L5	L6	L7
λ_6	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	r	
λ_7	$-s_6 P_{AI5} +$		$-s_6 (1 - P_{AI5}) + s_6 P_{AI7}$	$-r + r P_{AI7}$	$r (1 - P_{AI7})$
λ_8			$-s_6 P_{AI7}$	$-r P_{AI7}$	$-r (1 - P_{AI7})$
$\lambda_{\text{sec}6}$	$s_4 P_{AI5}$	$r_{\text{sec}} P_{AI5}$	$r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5})$		
λ_{I7}	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	r_{IAR}	

	L3	L4	L5	L6	Ln	L7
λ_6	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	r		
λ_n	$-s_6 P_{AI5} + s_n P_{AI5}$		$-s_6 (1 - P_{AI5}) + s_n (1 - P_{AI5})$	$-r$	r	
λ_7	$-s_n P_{AI5}$		$-s_n (1 - P_{AI5}) + s_n P_{AI7}$		$-r + r P_{AI7}$	$r (1 - P_{AI7})$
λ_8			$-s_n P_{AI7}$		$-r P_{AI7}$	$-r (1 - P_{AI7})$
$\lambda_{\text{sec}6}$	$s_4 P_{AI5}$	$r_{\text{sec}} P_{AI5}$	$r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5})$			
$\lambda_{\text{sec}n}$	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	r_{sec}		
λ_{I7}	$s_n P_{AI5}$		$s_n (1 - P_{AI5})$		r_{IAR}	

III.4.23. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{AI5} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{AI6} L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{I6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{I6} r_{IAR} P_{AI5} L_4 + \lambda_{I6} r_{IAR} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI6} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_7 r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} P_{AI6} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI6}) L_6 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_n) s_4 P_{AI5} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_n) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_n) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_n - \lambda_6) s_n P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_6) s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_n - \lambda_6) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_n P_{AI6} L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{AI6} L_n + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{I6} s_n P_{AI5} L_3 + \lambda_{I6} s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I6} r_{IAR} L_n + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI6} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_7) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_n P_{AI6} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + \dots \end{aligned}$$



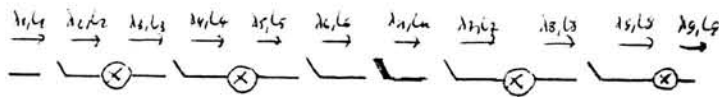
	L ₁	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇
λ ₅		s ₄ P _{AI5}	2 P _{AI5}	r (1 - P _{AI5})		
λ ₆		-s ₄ P _{AI5}	-2 P _{AI5}	-λ (1 - P _{AI5}) + λ P _{AI6}	r (1 - P _{AI6})	
λ ₇				-λ P _{AI6} + s ₇ P _{AI6}	-λ (1 - P _{AI6}) + s ₇ (1 - P _{AI6})	λ
λ ₈				-s ₇ P _{AI6}	-s ₇ (1 - P _{AI6})	-λ
λ _{ES}	s ₄ P _{AI5}	s ₄ (1 - P _{AI5})	λ _{sec}			
λ _{EC}		s ₄ P _{AI5}	λ _{sec} P _{AI5}	λ _{sec} (1 - P _{AI5})		
λ _{sec7}				λ _{sec} P _{AI6}	λ _{sec} (1 - P _{AI6})	

	L ₁	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇
λ ₅		s ₄ P _{AI5}	λ P _{AI5}	r (1 - P _{AI5})		
λ _n		-s ₄ P _{AI5} + s _n P _{AI5}	-λ P _{AI5}	-λ (1 - P _{AI5}) + s _n (1 - P _{AI5})	λ	
λ ₆		-s _n P _{AI5}		-s _n (1 - P _{AI5}) + s _n P _{AI6}	-λ + λ P _{AI6}	r (1 - P _{AI6})
λ ₇				-s _n P _{AI6} + s ₇ P _{AI6}	-λ P _{AI6}	-λ (1 - P _{AI6}) + s ₇ (1 - P _{AI6})
λ ₈				-s ₇ P _{AI6}	-s ₇ (1 - P _{AI6})	λ
λ _{ES}	s ₄ P _{AI5}	s ₄ (1 - P _{AI5})	λ _{sec}			
λ _{secn}		s ₄ P _{AI5}	λ _{sec} P _{AI5}	λ _{sec} (1 - P _{AI5})		
λ _{EC}		s _n P _{AI5}		s _n (1 - P _{AI5})	λ _{sec}	
λ _{sec7}			s _n P _{AI5}	s _n (1 - P _{AI5})		λ _{sec}

III.4.24. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_7 P_{AI8} L_5 + (\lambda_8 - \lambda_9) r P_{AI8} L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r (1 - P_{AI8}) L_8 + \\ & + \lambda_{I8} s_7 P_{AI5} L_3 + \lambda_{I8} s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I8} r_{IAR} L_7 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_6 - \lambda_n) s_6 P_{AI5} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_n) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_n) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_7) s_n P_{AI5} L_3 + (\lambda_n - \lambda_7) s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_n - \lambda_7) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_6 P_{AI5} L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI5} L_3 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_n P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}7} s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_n + \dots \end{aligned}$$



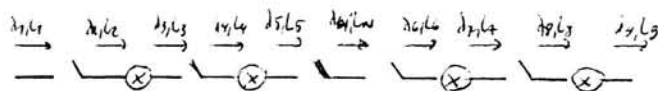
	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8
λ_6	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	r		
λ_7	$-s_6 P_{AI5} + s_7 P_{AI5}$		$-s_6 (1 - P_{AI5}) + s_7 (1 - P_{AI5})$	$-r$	r	
λ_8	$-s_7 P_{AI5}$		$-s_7 (1 - P_{AI5}) + s_7 P_{AI5}$		$-r + r P_{AI5}$	$r(1 - P_{AI5})$
λ_7			$-s_7 P_{AI5}$		$-r P_{AI5}$	$-r(1 - P_{AI5})$
$\lambda_{\text{sec}6}$	$s_4 P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} (1 - P_{AI5})$			
$\lambda_{\text{sec}7}$	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	$\lambda_{\text{sec}7}$		
λ_{I8}	$s_7 P_{AI5}$		$s_7 (1 - P_{AI5})$		r_{IAR}	

	L_3	L_4	L_5	L_6	L_n	L_7
λ_6	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	r		
λ_n	$-s_6 P_{AI5} + s_n P_{AI5}$		$-s_6 (1 - P_{AI5}) + s_n (1 - P_{AI5})$	$-r$	r	
λ_7	$-s_n P_{AI5}$	$s_7 P_{AI5}$	$-s_n (1 - P_{AI5}) + s_7 (1 - P_{AI5})$		$-r$	r
λ_8		$-s_7 P_{AI5}$	$-s_7 (1 - P_{AI5})$			$-r$
$\lambda_{\text{sec}6}$	$s_4 P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} (1 - P_{AI5})$			
$\lambda_{\text{sec}n}$	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	$\lambda_{\text{sec}n}$		
$\lambda_{\text{sec}7}$	$s_n P_{AI5}$		$s_n (1 - P_{AI5})$		$\lambda_{\text{sec}7}$	

III.4.25. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{AI5} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_6 P_{AI7} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r P_{AI7} L_6 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) r (1 - P_{AI7}) L_7 + \lambda_{I7} s_6 P_{AI5} L_3 + \lambda_{I7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I7} r_{IAR} L_6 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_n) s_4 P_{AI5} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_n) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_n) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_n - \lambda_6) s_n P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_6) s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_n - \lambda_6) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_n P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} L_n + \dots \end{aligned}$$



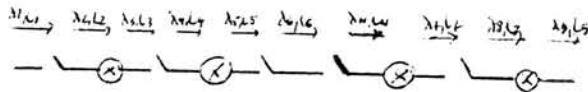
	L_1	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
λ_5		$s_4 P_{AI5}$	$r P_{AI5}$	$r (1 - P_{AI5})$		
λ_6		$-s_4 P_{AI5} + s_6 P_{AI5}$	$-r P_{AI5}$	$-r (1 - P_{AI5}) + s_6 (1 - P_{AI5})$	r	
λ_7		$-s_6 P_{AI5}$		$-s_6 (1 - P_{AI5}) + s_6 P_{AI7}$	$-r + r P_{AI7}$	$r (1 - P_{AI7})$
λ_8				$-s_6 P_{AI7}$	$-r P_{AI7}$	$-r (1 - P_{AI7})$
λ_{I5}	$s_4 P_{AI3}$	$s_4 (1 - P_{AI3})$	r_{IAR}			
$\lambda_{\text{sec}6}$		$s_4 P_{AI5}$	$r_{\text{sec}} P_{AI5}$	$r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5})$		
λ_{I7}		$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5}) L_5$	r_{IAR}	

	L_1	L_3	L_4	L_5	L_n	L_6
λ_5		$s_4 P_{AI5}$	$r P_{AI5}$	$r (1 - P_{AI5})$		
λ_n		$-s_4 P_{AI5} + s_n P_{AI5}$	$-r P_{AI5}$	$-r (1 - P_{AI5}) + s_n (1 - P_{AI5})$	r	
λ_6		$-s_n P_{AI5} + s_6 P_{AI5}$		$-s_n (1 - P_{AI5}) + s_6 (1 - P_{AI5})$	$-r$	r
λ_7		$-s_6 P_{AI5}$		$-s_6 (1 - P_{AI5})$		$-r$
λ_{I5}	$s_4 P_{AI3}$	$s_4 (1 - P_{AI3})$	r_{IAR}			
$\lambda_{\text{sec}n}$		$s_4 P_{AI5}$	$r_{\text{sec}} P_{AI5}$	$r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5})$		
$\lambda_{\text{sec}6}$		$s_n P_{AI5}$		$s_n (1 - P_{AI5})$	r_{sec}	

III.4.26. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI3} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_6 P_{AI7} L_5 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) r P_{AI7} L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) r (1 - P_{AI7}) L_7 + \lambda_{I7} s_6 P_{AI5} L_3 + \lambda_{I7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I7} r_{IAR} L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 P_{AI7} L_5 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 (1 - P_{AI7}) L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r L_8 + \\ & + \lambda_{\text{sec}8} s_6 P_{AI7} L_5 + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} P_{AI7} L_6 + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI7}) L_7 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_6 - \lambda_n) s_6 P_{AI5} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_n) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_n) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_n - \lambda_7) s_n P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_7) s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_n - \lambda_7) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_6 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}n} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_n P_{AI5} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r P_{AI7} L_n + (\lambda_7 - \lambda_8) r (1 - P_{AI7}) L_7 + \\ & + \lambda_{I7} s_n P_{AI5} L_3 + \lambda_{I7} s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I7} r_{IAR} L_n + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 P_{AI7} L_5 + \\ & + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 (1 - P_{AI7}) L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r L_8 + \lambda_{\text{sec}8} s_n P_{AI7} L_5 + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} P_{AI7} L_n + \\ & + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI7}) L_7 + \dots \end{aligned}$$



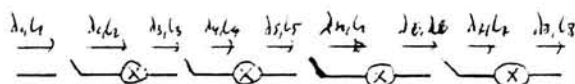
	L3	L4	L5	L6	L7	L8
λ_6	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	r		
λ_7	$-s_6 P_{AI5}$		$-s_6 (1 - P_{AI5}) + r P_{AI7}$	$-r + r P_{AI7}$	$r (1 - P_{AI7})$	
λ_8			$-s_6 P_{AI7} + r P_{AI7}$	$-r P_{AI7}$	$-r (1 - P_{AI7}) + r (1 - P_{AI7})$	r
λ_9			$-r P_{AI7}$		$-r (1 - P_{AI7})$	$-r$
$\lambda_{\text{sec}6}$	$r P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} (1 - P_{AI5})$			
λ_{I7}	$r P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	$\lambda_{I7} r$		
$\lambda_{\text{sec}8}$			$r P_{AI7}$	$\lambda_{\text{sec}8} P_{AI7}$	$\lambda_{\text{sec}8} (1 - P_{AI7})$	

	L3	L4	L5	L6	Ln	L7	L8
λ_6	$s_6 P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	r			
λ_n	$-s_6 P_{AI5} + s_n P_{AI5}$		$-s_6 (1 - P_{AI5}) + s_n (1 - P_{AI5})$	$-r$	r		
λ_7	$-s_n P_{AI5}$		$-s_n (1 - P_{AI5}) + r P_{AI7}$		$-r + r P_{AI7}$	$r (1 - P_{AI7})$	
λ_8			$-s_n P_{AI7} + r P_{AI7}$		$-r P_{AI7} + r (1 - P_{AI7})$	$-r (1 - P_{AI7})$	r
λ_9			$-r P_{AI7}$		$-r (1 - P_{AI7})$		$-r$
$\lambda_{\text{sec}6}$	$r P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}6} (1 - P_{AI5})$				
$\lambda_{\text{sec}n}$	$r P_{AI5}$		$s_6 (1 - P_{AI5})$	$\lambda_{\text{sec}n}$			
λ_{I7}	$s_n P_{AI5}$		$s_n (1 - P_{AI5})$		$\lambda_{I7} r$		
$\lambda_{\text{sec}8}$			$r P_{AI7}$		$\lambda_{\text{sec}8} P_{AI7}$	$\lambda_{\text{sec}8} (1 - P_{AI7})$	

III.4.27. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{AI5} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{AI5}) L_6 + \lambda_{I6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{I6} r_{IAR} P_{AI5} L_4 + \lambda_{I6} r_{IAR} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI6} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} P_{AI6} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI6}) L_6 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{sec}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_n) s_4 P_{AI5} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_n) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_n) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_n - \lambda_6) s_n P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_6) s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_n - \lambda_6) r L_n + \lambda_{\text{sec}n} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}n} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_n P_{AI6} L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{AI6} L_n + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{I6} s_n P_{AI5} L_3 + \lambda_{I6} s_n (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I6} r_{IAR} L_n + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI6} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_n P_{AI6} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} P_{AI6} L_n + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI6}) L_6 + \dots \end{aligned}$$



	ζ_1	ζ_3	ζ_4	ζ_5	ζ_6	ζ_7	
λ_5		$s_4 P_{AI5}$	$r P_{AI5}$	$\lambda (1 - P_{AI5})$			
λ_6		$-s_4 P_{AI5} + r P_{AI5}$	$-r P_{AI5}$	$-\lambda (1 - P_{AI5})$	$\lambda (1 - P_{AI5})$		
λ_7		$-r P_{AI5}$		$s_7 P_{AI6}$	$-\lambda (1 - P_{AI5}) r_{IAR} (1 - P_{AI6})$	λ	
λ_8				$-s_7 P_{AI6}$	$-s_7 (1 - P_{AI6})$	$-\lambda$	
λ_{I5}	$s_4 P_{AI3}$	$s_4 (1 - P_{AI3})$	r_{IAR}				
λ_{I6}		$s_7 P_{AI5}$	$\lambda_{I6} P_{AI5}$	$\lambda_{I6} (1 - P_{AI5})$			
$\lambda_{\text{sec}7}$				$\lambda_{\text{sec}7} P_{AI6}$	$\lambda_{\text{sec}7} (1 - P_{AI6})$		

	ζ_1	ζ_3	ζ_4	ζ_5	ζ_6	ζ_7	
λ_5		$s_4 P_{AI5}$	$r P_{AI5}$	$\lambda (1 - P_{AI5})$			
λ_n		$-s_4 P_{AI5} + s_n P_{AI5}$	$-r P_{AI5}$	$-\lambda (1 - P_{AI5}) + s_n (1 - P_{AI5})$	λ		
λ_6		$-s_n P_{AI5}$		$-s_n (1 - P_{AI5}) + s_n P_{AI6}$	$-\lambda + r P_{AI6}$	$\lambda (1 - P_{AI6})$	
λ_7				$s_7 P_{AI6}$		$s_7 (1 - P_{AI6})$	λ
λ_8				$-s_7 P_{AI6}$		$-s_7 (1 - P_{AI6})$	$-\lambda$
λ_{I5}	$s_4 P_{AI3}$	$s_4 (1 - P_{AI3})$	r_{IAR}				
$\lambda_{\text{sec}n}$		$s_4 P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}n} P_{AI5}$	$\lambda_{\text{sec}n} (1 - P_{AI5})$			
λ_{I6}		$s_n P_{AI5}$		$s_n (1 - P_{AI5})$	r_{IAR}		
$\lambda_{\text{sec}7}$				$s_n P_{AI6}$	$\lambda_{\text{sec}7} P_{AI6}$	$\lambda_{\text{sec}7} (1 - P_{AI6})$	

III.5. Algoritmos para a introdução de seccionadores

III.5.1. Primeiro algoritmo geral para a introdução de seccionadores

REDE COM MAIS DO QUE UM IAR A MONTANTE E MAIS QUE UM IAR A JUSANTE (SECCIONADOR INSERIDO NÃO IMEDIATAMENTE A JUSANTE DO 1º IAR A MONTANTE E NÃO IMEDIATAMENTE A MONTANTE DO 1º IAR A JUSANTE)

- introdução de linha (n):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-elemento nb: } [-s_{(n-1)} + s_n] P_{AIna} \\ \text{-elemento na: } [-s_{(n-1)} + s_n] (1 - P_{AIna}) \\ \text{-elemento(n-1): } -r \\ \text{-elemento(n): } r \end{array} \right. \quad (\text{resto 0's})$$
- ajustes na linha (n+1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-elemento nb: } [-s_n + s_{(n+1)}] P_{AIna} \\ \text{-elemento na: } [-s_n + s_{(n+1)}] (1 - P_{AIna}) \\ \text{-elemento(n-1): } 0 \\ \text{-elemento(n): } -r \end{array} \right.$$
- introdução de linha (secn):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-elemento nb: } s_{(n-1)} P_{AIna} \\ \text{-elemento na: } s_{(n-1)} (1 - P_{AIna}) \\ \text{-elemento(n-1): } r_{sec} \\ \text{-elemento(n): } r_{sec} \end{array} \right. \quad (\text{resto 0's})$$
- ajustes na linha [sec(n+1)]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-elemento nb: } s_n P_{AIna} \\ \text{-elemento nb: } s_n (1 - P_{AIna}) \\ \text{-elemento(n-1): } 0 \\ \text{-elemento(n): } r_{sec} \end{array} \right.$$

• introdução coluna n : todos os elementos que não forem especificados nas respectivas linhas serão nulos

III.5.2. Segundo algoritmo geral para a introdução de seccionadores

REDE COM MAIS DO QUE UM IAR A MONTANTE E MAIS QUE UM IAR A JUSANTE (SECCIONADOR INSERIDO IMEDIATAMENTE A JUSANTE DO 1º IAR A MONTANTE E IMEDIATAMENTE A MONTANTE DO 1º IAR A JUSANTE)

- introdução de linha (n):

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb: } [-s_{(na-1)} + s_n] P_{AI na} & \\ \text{-elemento (na-1): } -r P_{AI na} & \\ \text{-elemento na: } (-r + s_n)(1 - P_{AI na}) & \\ \text{-elemento(n): } r & \text{(resto 0's)} \end{array} \right.$$
- ajustes na linha np:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb: } -s_n P_{AI na} & \\ \text{-elemento (na-1): } 0 & \\ \text{-elemento na: } s_n [-(1 - P_{AI na}) + P_{AI np}] & \\ \text{-elemento(n): } r(-1 + P_{AI np}) & \end{array} \right.$$
- ajustes na linha (np+1):

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento na: } [-s_n + s_{(np+1)}] P_{AI np} & \\ \text{-elemento n: } -r P_{AI np} & \end{array} \right.$$
- introdução de linha (secn):

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb: } s_{(na-1)} P_{AI na} & \\ \text{-elemento (na-1): } r_{sec} P_{AI na} & \\ \text{-elemento na: } r_{sec}(1 - P_{AI na}) & \\ & \text{(resto 0's)} \end{array} \right.$$
- ajustes na linha(secnp):

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb: } s_n P_{AI na} & \\ \text{-elemento (na-1): } 0 & \\ \text{-elemento na: } s_n(1 - P_{AI na}) & \\ \text{-elemento n: } r_{IAR} & \end{array} \right.$$

- ajustes na linha $\text{sec}(\text{np}+1)$:
$$\begin{cases} \text{-elemento na : } s_n^{PAInp} \\ \text{-elemento n : } r_{\text{sec}}^{PAInp} \end{cases}$$
- introdução coluna (n) : todos os elementos que não forem especificados nas respectivas linhas serão nulos

III.5.3. Adaptação dos dois algoritmos gerais para as restantes situações

A) Rede com mais do que um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (seccionador inserido **imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

- introdução de linha(n) e de linha(secn) semelhantes ao algoritmo III.5.2.
- só se realizam ajustes na linha(n+1) e na linha[sec(n+1)], que serão realizados como no algoritmo III.5.1., com a diferença que em vez de ser o elemento(n-1), que não existe, será o elemento(na-1) a ser anulado

B) Rede com mais do que um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

- introdução de linha(n) e de linha(secn) semelhantes ao algoritmo III.5.1.
- ajustes realizados como no algoritmo III.5.2., com a diferença de que todos os elementos(na-1) serão anulados, não se alterando os elementos(n-1)

C) Rede com mais do que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante**)

- (algoritmo III.5.1.)

D) Rede com mais do que um IAR a montante e mais um IAR a jusante (seccionador inserido **imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante**)

- (algoritmo III.5.3.A)

E) Rede com mais do que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante**)

- (algoritmo III.5.3.B)

F) Rede com mais do que um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido **imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante**)

- (algoritmo III.5.2.)

G) Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.5.1., com a diferença que as introduções e alterações efectuadas no elemento(nb), que agora já não existe, são agora efectuadas no 1º elemento de cada linha

H) Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (seccionador inserido **imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.5.3.A, com a diferença que as introduções e alterações naquele algoritmo efectuadas nos elementos(nb) serão agora efectuadas no 1º elemento de cada linha

I) Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-introduções na linha(n) e na linha(secn) semelhantes ao algoritmo III.5.1.
-ajustes realizadas só nas linhas(np),(secnp) e [sec(np+1)] de forma semelhante ao algoritmo III.5.2., com as diferenças que todos os elementos(n-1) serão anulados, não se alterando os elementos(n-1) e que as introduções e alterações naquele algoritmo efectuadas nos elementos(nb) serão agora efectuadas no 1º elemento de cada linha

J) Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (seccionador inserido **imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-algoritmo semelhante ao algoritmo III.5.2., com a diferença que as introduções e alterações naquele algoritmos efectuadas nos elementos(nb) serão agora efectuadas no 1º elemento de cada linha

K) Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante**)

-(algoritmo III.5.3.G)

L) Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido **imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante**)

-(algoritmo III.5.3.H)

M) Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante**)

-(algoritmo III.5.3.I)

N) Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante)

-(algoritmo III.5.3.J)

O) Rede com mais do que um IAR a montante (seccionador inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante)

-(algoritmo III.5.3.A)

P) Rede com mais do que um IAR a montante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante)

-(algoritmo III.5.1.)

Q) Rede com mais do que um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

-introduções e alterações nas linhas(n) e linhas(secn) semelhantes a algoritmo III.5.1., com a diferença que não são feitas introduções e alterações nos elementos(nb) e (na), que não existem, passando as introduções e alterações até agora efectuadas no elemento(na) a ser efectuadas no 1º elemento da linha com $P_{AINa} = 0$

-ajustes realizados de forma semelhante a algoritmo III.5.2., com a diferença que não são feitas introduções e alterações nos elementos(nb), [(na-1)] e (na), que não existem, passando as introduções e alterações até agora efectuadas no elemento(na) a ser efectuadas no 1º elemento da linha com $P_{AINa} = 0$ e anulando-se além disso os elementos(n-1)

R) Rede com mais do que um IAR a jusante (seccionador inserido não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

-algoritmo semelhante ao III.5.1., com a diferença que não são feitas introduções e alterações nos elementos(nb) e (na), que não existem, passando as introduções e as alterações até agora efectuadas no elemento(na) a ser efectuadas no 1º elemento da linha com $P_{AINa} = 0$

S) Rede com um IAR a montante (seccionador inserido imediatamente a jusante do IAR)

-introduções e alterações em tudo semelhantes ao algoritmo III.5.3.A, com a única diferença que as alterações nesse algoritmo implementadas no elemento(nb), que agora não existe, serão efectuadas no 1º elemento de cada linha

T) Rede com um IAR a montante (seccionador inserido não imediatamente a jusante do IAR)

-(algoritmo III.5.1)

U) Rede com um IAR a jusante (seccionador inserido imediatamente a montante do IAR)

-(algoritmo III.5.3.Q)

V) Rede com um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a montante do IAR**)

-(algoritmo III.5.3.R)

W) Rede só com seccionadores (há **seccionadores a montante e a jusante**)

-(algoritmo III.5.3.R)

X) Rede só com seccionadores (**nenhum seccionador a montante**)

-algoritmo semelhante a III.5.3.R, sem realização de ajustes de qualquer tipo

Y) Rede só com seccionadores (**nenhum seccionador a montante**)

-nas linhas(n) e (secn) apenas se fará a introdução de elementos no elemento(n), semelhante a algoritmo III.5.2., e no 1º elemento, semelhante a alterações produzidas no elemento(na) de III.5.2. com $P_{AINa} = 0$

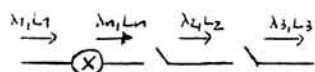
-nas linhas(n+1) e [sec(n+1)] apenas se fará a alteração de elementos no elemento(n), semelhante a algoritmo III.5.1, e no 1º elemento, semelhante às alterações produzidas no elemento(na) no algoritmo III:5.1. com $P_{AINa} = 0$

III.6. Introdução de IAR's numa rede

III.6.1. Rede só com seccionadores(nenhum seccionador a montante)

$$END_{s/IAR} = (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{sec2}r_{sec}L_1 + \lambda_3s_3L_1 + \lambda_3rL_3 + \lambda_{sec3}s_2L_1 + \lambda_{sec3}r_{sec}L_2$$

$$END_{c/IAR} = (\lambda_1 - \lambda_n)rL_1 + (\lambda_n - \lambda_2)rP_{AIN}L_1 + (\lambda_n - \lambda_2)r(1 - P_{AIN})L_n + \lambda_{In}r_{IAR}L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2P_{AIN}L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2(1 - P_{AIN})L_n + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{sec2}r_{sec}P_{AIN}L_1 + \lambda_{sec2}r_{sec}(1 - P_{AIN})L_n + \lambda_3s_3P_{AIN}L_1 + \lambda_3s_3(1 - P_{AIN})L_n + \lambda_3rL_3 + \lambda_{sec3}s_2P_{AIN}L_1 + \lambda_{sec3}s_2(1 - P_{AIN})L_n + \lambda_{sec3}r_{sec}L_2$$



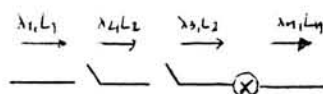
	L_1	L_2	L_3
λ_1	r		
λ_2	$-r + s_2$	r	
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-r$	r
λ_{sec2}	$s_2 r_{sec}$		
λ_{sec3}	s_2	r_{sec}	

	L_1	L_n	L_2	L_3
λ_1	r			
λ_n	$-r + r P_{AIN}$	$r(1 - P_{AIN})$		
λ_2	$-r P_{AIN} + s_2 r_{AIN}$	$-r(1 - P_{AIN}) + s_2(1 - P_{AIN})$	r	
λ_3	$-s_2 P_{AIN} + s_3 r_{AIN}$	$-s_2(1 - P_{AIN}) + s_3(1 - P_{AIN})$	$-r$	r
λ_{sec2}	$s_2 r_{sec}$			
λ_{sec3}	$s_2 P_{AIN}$	$s_2(1 - P_{AIN})$	r_{sec}	

III.6.2. Rede só com seccionadores(nenhum seccionador a jusante)

$$END_{s/IAR} = (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{sec2}r_{sec}L_1 + \lambda_3s_3L_1 + \lambda_3rL_3 + \lambda_{sec3}s_2L_1 + \lambda_{sec3}r_{sec}L_2$$

$$END_{c/IAR} = (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{sec2}r_{sec}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n)s_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n)rL_3 + \lambda_{sec3}s_2L_1 + \lambda_{sec3}r_{sec}L_2 + \lambda_n s_3 P_{AIN}L_1 + \lambda_n r P_{AIN}L_3 + \lambda_n r(1 - P_{AIN})L_n + \lambda_{In} s_3 L_1 + \lambda_{In} r_{IAR} L_3$$



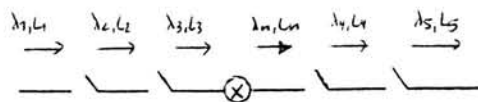
	L_1	L_2	L_3
λ_1	λ		
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ	
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-\lambda$	λ
λ_{sec2}	λ_{sec}		
λ_{sec3}	s_2	λ_{sec}	

	L_1	L_2	L_3	L_n
λ_1	λ			
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ		
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-\lambda$	λ	
λ_n	$-s_3 + s_5 \cdot P_{nn}$		$-\lambda + \lambda \cdot P_{nn}$	$\lambda(1 - P_{nn})$
λ_{sec2}	λ_{sec}			
λ_{sec3}	s_2	λ_{sec}		
λ_{nn}	s_3		λ_{nn}	

III.6.3. Rede só com seccionadores(seccionadores a montante e a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_s/\text{IAR} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{sec2}r_{sec}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \lambda_{sec3}s_2L_1 + \lambda_{sec3}r_{sec}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4L_1 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{sec4}s_3L_1 + \lambda_{sec4}r_{sec}L_3 + \lambda_5s_5L_1 + \lambda_5rL_5 + \lambda_{sec5}s_4L_1 + \\ & + \lambda_{sec5}r_{sec}L_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_c/\text{IAR} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{sec2}r_{sec}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_n)s_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n)rL_3 + \lambda_{sec3}s_2L_1 + \lambda_{sec3}r_{sec}L_2 + (\lambda_n - \lambda_4)s_3P_{AIN}L_1 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_4)rP_{AIN}L_3 + (\lambda_n - \lambda_4)r(1 - P_{AIN})L_n + \lambda_{In}s_3L_1 + \lambda_{In}r_{IAR}L_3 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4P_{AIN}L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1 - P_{AIN})L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{sec4}s_3P_{AIN}L_1 + \\ & + \lambda_{sec4}r_{sec}P_{AIN}L_3 + \lambda_{sec4}r_{sec}(1 - P_{AIN})L_n + \lambda_5s_5P_{AIN}L_1 + \lambda_5s_5(1 - P_{AIN})L_n + \\ & + \lambda_5rL_5 + \lambda_{sec5}s_4P_{AIN}L_1 + \lambda_{sec5}s_4(1 - P_{AIN})L_n + \lambda_{sec5}r_{sec}L_4 \end{aligned}$$



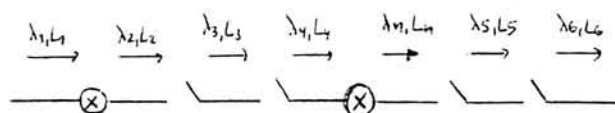
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
λ_1	λ				
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ			
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-\lambda$	λ		
λ_4	$-s_3 + s_4$		$-\lambda$	λ	
λ_5	$-s_4 + s_5$			$-\lambda$	λ_5
λ_{sec2}	λ_{sec}				
λ_{sec3}	s_2	λ_{sec}			
λ_{sec4}	s_3		λ_{sec}		
λ_{sec5}	s_4			λ_{sec}	

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
λ_1	λ					
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ				
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-\lambda$	λ			
λ_n	$-s_3 + s_3 p_{nn}$		$-\lambda + \lambda p_{nn}$	$\lambda(1-p_{nn})$		
λ_4	$-s_3 p_{nn} + s_4 p_{nn}$		$-\lambda p_{nn}$	$-\lambda(1-p_{nn}) + s_4(1-p_{nn})$	λ	
λ_5	$-s_4 p_{nn} + s_5 p_{nn}$			$-s_4(1-p_{nn}) + s_5(1-p_{nn})$	$-\lambda$	$-\lambda$
λ_{sec2}	λ_{sec}					
λ_{sec3}	s_2	λ_{sec}				
λ_{sec4}	s_3		p_{nn}			
λ_{sec5}	$s_3 p_{nn}$		$\lambda_{sec} p_{nn}$	$\lambda_{sec}(1-p_{nn})$		
λ_{sec6}	$s_4 p_{nn}$			$s_4(1-p_{nn})$	λ_{sec}	

III.6.4. Rede com um IAR a montante (IARn inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 P_{AI2} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5) r L_4 + \\ & + \lambda_{sec4} s_3 P_{AI2} L_1 + \lambda_{sec4} s_3 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{sec4} r_{sec} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 P_{AI2} L_1 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 (1 - P_{AI2}) L_2 + (\lambda_5 - \lambda_6) r L_5 + \lambda_{sec5} s_4 P_{AI2} L_1 + \lambda_{sec5} s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + \\ & + \lambda_{sec5} r_{sec} L_4 + \lambda_6 s_6 P_{AI2} L_1 + \lambda_6 s_6 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_6 r L_6 + \lambda_{sec6} s_5 P_{AI2} L_1 + \\ & + \lambda_{sec6} s_5 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{sec6} r_{sec} L_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 P_{AI2} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + (\lambda_4 - \lambda_n) r L_4 + \\ & + \lambda_{sec4} s_3 P_{AI2} L_1 + \lambda_{sec4} s_3 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{sec4} r_{sec} L_3 + (\lambda_n - \lambda_5) s_4 P_{AI2} L_1 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_5) s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + (\lambda_n - \lambda_5) r L_4 + (\lambda_n - \lambda_5) s_5 P_{AI2} L_1 + \lambda_{In} s_4 P_{AI2} L_1 + \lambda_{In} s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + \\ & + \lambda_{In} r_{IAR} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 P_{AI2} L_1 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 (1 - P_{AI2}) L_2 + (\lambda_5 - \lambda_6) r L_5 + \\ & + \lambda_{sec5} s_4 P_{AI2} L_1 + \lambda_{sec5} r_{sec} P_{AI2} L_4 + \lambda_{sec5} r_{sec} (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_6 s_6 P_{AI2} L_1 + \\ & + \lambda_6 s_6 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_6 r L_6 + \lambda_{sec6} s_5 P_{AI2} L_1 + \lambda_{sec6} s_5 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{sec6} r_{sec} L_5 \end{aligned}$$



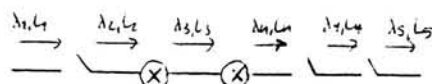
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
λ_4	$s_4 p_{AI2}$	$s_4(1-p_{AI2})$		λ		
λ_5	$-s_4 p_{AI2} + s_5 p_{AI2}$	$-s_4(1-p_{AI2}) + s_5(1-p_{AI2})$		$-\lambda$	λ	
λ_6	$-s_5 p_{AI2} + s_6 p_{AI2}$	$-s_5(1-p_{AI2}) + s_6(1-p_{AI2})$			$-\lambda$	λ
λ_{sec4}	$s_3 p_{AI2}$	$s_3(1-p_{AI2})$	λ_{sec}			
λ_{sec5}	$s_4 p_{AI2}$	$s_4(1-p_{AI2})$		λ_{sec}		
λ_{sec6}	$s_5 p_{AI2}$	$s_5(1-p_{AI2})$			λ_{sec}	

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_n	L_5	L_6
λ_4	$s_4 p_{152}$	$s_4 (1 - p_{152})$		λ			
λ_n	$-s_4 p_{152}$	$-s_4 (1 - p_{152}) + s_4 p_{15n}$		$-\lambda + \lambda p_{15n}$	$\lambda (1 - p_{15n})$		
λ_5		$-s_4 p_{15n} + s_5 p_{15n}$		$-\lambda p_{15n}$	$-\lambda (1 - p_{15n}) + s_5 (1 - p_{15n})$	λ	
λ_6		$-s_5 p_{15n} + s_6 p_{15n}$			$-s_5 (1 - p_{15n}) + s_6 (1 - p_{15n})$	$-\lambda$	λ
λ_{sec4}	$s_3 p_{152}$	$s_3 (1 - p_{152})$	λ_{sec}				
λ_{5n}	$s_4 p_{152}$	$s_4 (1 - p_{152})$		λ_{15n}			
λ_{sec5}		$s_4 p_{15n}$		$\lambda_{sec} p_{15n}$	$\lambda_{sec} (1 - p_{15n})$		
λ_{sec6}		$s_5 p_{15n}$			$s_5 (1 - p_{15n})$	λ_{sec}	

III.6.5. Rede com um IAR a montante (IARn inserido imediatamente a jusante do IAR a montante)

$$\text{END}_{s/\text{IAR}} = \dots (\lambda_3 - \lambda_4) s_2 p_{AI3} L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4) r p_{AI3} L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4) r (1 - p_{AI3}) L_3 + \\ + \lambda_{I3} s_2 L_1 + \lambda_{I3} r_{IAR} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 p_{AI3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 (1 - p_{AI3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5) r L_4 + \\ + \lambda_{sec4} s_2 p_{AI3} L_1 + \lambda_{sec4} r_{sec} p_{AI3} L_2 + \lambda_{sec4} r_{sec} (1 - p_{AI3}) L_3 + \lambda_5 s_5 p_{AI3} L_1 + \\ + \lambda_5 s_5 (1 - p_{AI3}) L_3 + \lambda_5 r L_5 + \lambda_{sec5} s_4 p_{AI3} L_1 + \lambda_{sec5} s_4 (1 - p_{AI3}) L_3 + \lambda_{sec5} r_{sec} L_4$$

$$\text{END}_{c/\text{IAR}} = \dots (\lambda_3 - \lambda_n) s_2 p_{AI3} L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n) r p_{AI3} L_2 + (\lambda_3 - \lambda_n) r (1 - p_{AI3}) L_3 + \\ + \lambda_{I3} s_2 L_1 + \lambda_{I3} r_{IAR} L_1 + (\lambda_n - \lambda_4) r p_{AI3} L_3 + (\lambda_n - \lambda_4) r (1 - p_{AI3}) L_n + \lambda_{In} s_2 p_{AI3} L_1 + \\ + \lambda_{In} r_{IAR} p_{AI3} L_2 + \lambda_{In} r_{IAR} (1 - p_{AI3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 p_{AI3} L_1 + \\ + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 (1 - p_{AI3}) L_n + (\lambda_4 - \lambda_5) r L_4 + \lambda_{sec4} r_{sec} p_{AI3} L_3 + \lambda_{sec4} r_{sec} (1 - p_{AI3}) L_n + \\ + \lambda_5 s_5 p_{AI3} L_3 + \lambda_5 s_5 (1 - p_{AI3}) L_n + \lambda_5 r L_5 + \lambda_{sec5} s_4 p_{AI3} L_3 + \lambda_{sec5} s_4 (1 - p_{AI3}) L_n + \\ + \lambda_{sec5} r_{sec} L_4$$



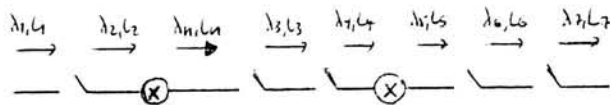
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	
λ_3	$s_2 p_{153}$	λp_{153}	$\lambda (1 - p_{153})$			
λ_4	$-s_2 p_{153} + s_4 p_{153}$	$-\lambda p_{153}$	$-\lambda (1 - p_{153}) + \lambda_4 (1 - p_{153})$	λ		
λ_5	$-s_4 p_{153} + s_5 p_{153}$		$-\lambda_4 (1 - p_{153}) + s_5 (1 - p_{153})$	$-\lambda$	λ	
λ_{53}	s_2	λ_{153}				
λ_{sec4}	$s_2 p_{153}$	$\lambda_{sec} p_{153}$	$\lambda_{sec} (1 - p_{153})$			
λ_{sec5}	$s_4 p_{153}$		$s_4 (1 - p_{153})$	λ_{sec}		

	L_1	L_2	L_3	L_n	L_4	L_5	
λ_3	$s_2 p_{153}$	λp_{153}	$\lambda (1 - p_{153})$				
λ_n	$-s_2 p_{153}$	$-\lambda p_{153}$	$-\lambda (1 - p_{153}) + \lambda p_{15n}$	$\lambda (1 - p_{15n})$			
λ_4	$s_4 p_{15n}$		$-\lambda p_{15n}$	$-\lambda (1 - p_{15n}) + \lambda_4 (1 - p_{15n})$	λ		
λ_5	$-s_4 p_{15n}$		$s_5 p_{15n}$	$-s_4 (1 - p_{15n}) + s_5 (1 - p_{15n})$	$-\lambda$	λ	
λ_{53}	s_2	λ_{153}					
λ_{15n}	$s_2 p_{153}$	$\lambda_{15n} p_{153}$	$\lambda_{15n} (1 - p_{153})$				
λ_{sec4}			$\lambda_{sec} p_{15n}$	$\lambda_{sec} (1 - p_{15n})$			
λ_{sec5}			$s_4 p_{15n}$	$s_4 (1 - p_{15n})$	λ_{sec}		

III.6.6. Rede com um IAR a jusante (IAR_n inserido não imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \lambda_{\text{sec}3}s_2L_1 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4L_1 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}s_3L_1 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_4\text{PAI5}L_1 + (\lambda_5 - \lambda_6)r\text{PAI5}L_4 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - \text{PAI5})L_5 + \lambda_{\text{I5}}s_4L_1 + \lambda_{\text{I5}}r_{\text{IAR}}L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6\text{PAI5}L_1 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - \text{PAI5})L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_4\text{PAI5}L_1 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}\text{PAI5}L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - \text{PAI5})L_5 + \lambda_7s_7\text{PAI5}L_1 + \lambda_7s_7(1 - \text{PAI5})L_5 + \lambda_7rL_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7}s_6\text{PAI5}L_1 + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - \text{PAI5})L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_3)s_2\text{PAIn}L_1 + (\lambda_n - \lambda_3)r\text{PAIn}L_2 + (\lambda_n - \lambda_3)r(1 - \text{PAIn})L_n + \lambda_{\text{In}}s_2L_1 + \\ & + \lambda_{\text{In}}r_{\text{IAR}}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3\text{PAIn}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3(1 - \text{PAIn})L_n + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}3}s_2\text{PAIn}L_1 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}\text{PAIn}L_2 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}(1 - \text{PAIn})L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4\text{PAIn}L_1 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1 - \text{PAIn})L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}s_3\text{PAIn}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}s_3(1 - \text{PAIn})L_n + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_4\text{PAI5}L_n + (\lambda_5 - \lambda_6)r\text{PAI5}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - \text{PAI5})L_5 + \\ & + \lambda_{\text{I5}}s_4\text{PAIn}L_1 + \lambda_{\text{I5}}s_4(1 - \text{PAIn})L_n + \lambda_{\text{I5}}r_{\text{IAR}}L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6\text{PAI5}L_n + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - \text{PAI5})L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_4\text{PAI5}L_n + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}\text{PAI5}L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - \text{PAI5})L_5 + \lambda_7s_7\text{PAI5}L_n + \lambda_7s_7(1 - \text{PAI5})L_5 + \lambda_7rL_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7}s_6\text{PAI5}L_n + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - \text{PAI5})L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 \end{aligned}$$



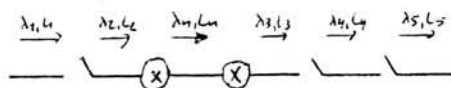
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
λ_1	λ						
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ					
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-\lambda$	λ				
λ_4	$-s_3 + s_4$		$-\lambda$	λ			
λ_5	$-s_4 + s_5 + r_{\text{I5}}$			$-\lambda + r_{\text{I5}}$	$\lambda(1 - r_{\text{I5}})$		
λ_6	$-s_5 + r_{\text{I5}} + s_6 + r_{\text{I6}}$			$-\lambda + r_{\text{I5}}$	$-\lambda(1 - r_{\text{I5}}) + s_6(1 - r_{\text{I5}})$	λ	
λ_7	$-s_6 + r_{\text{I5}} + s_7 + r_{\text{I7}}$				$-s_6(1 - r_{\text{I5}}) + s_7(1 - r_{\text{I5}})$	$-\lambda$	λ
$\lambda_{\text{sec}2}$	λ_{sec}						
$\lambda_{\text{sec}3}$	s_2	λ_{sec}					
$\lambda_{\text{sec}4}$	s_3		λ_{sec}				
λ_{I5}	s_4			r_{I5}			
$\lambda_{\text{sec}6}$	$s_4 + r_{\text{I5}}$			$\lambda_{\text{sec}} + r_{\text{I5}}$	$\lambda_{\text{sec}}(1 - r_{\text{I5}})$		
$\lambda_{\text{sec}7}$	$s_6 + r_{\text{I5}}$				$s_6(1 - r_{\text{I5}})$	λ_{sec}	

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
λ_1	λ						
λ_2	$-\lambda + \lambda_2$	λ					
λ_{n1}	$-s_2 + s_2 p_{nn}$	$-\lambda + \lambda p_{nn}$	$\lambda(1-p_{nn})$				
λ_3	$-s_2/p_{nn} + s_3 p_{nn}$	$-\lambda p_{nn}$	$-\lambda(1-p_{nn}) + s_3(1-p_{nn})$	λ			
λ_4	$-s_3 p_{nn} + s_4 p_{nn}$		$-s_3(1-p_{nn}) + s_4(1-p_{nn})$	λ			
λ_5	$-s_4 p_{nn}$		$-s_4(1-p_{nn}) + s_5 p_{nn}$		$-\lambda + \lambda p_{nn}$	$\lambda(1-p_{nn})$	
λ_6			$-s_5 p_{nn} + s_6 p_{nn}$		$-\lambda p_{nn}$	$-\lambda(1-p_{nn}) + s_6(1-p_{nn})$	λ
λ_7			$-s_6 p_{nn} + s_7 p_{nn}$			$-s_6(1-p_{nn}) + s_7(1-p_{nn})$	$-\lambda$
λ_{sec2}	λ_{sec}						
λ_{en1}	s_2	λ_{en2}					
λ_{sec3}	$s_2 p_{nn}$	$\lambda_{sec} p_{nn}$	$\lambda_{sec}(1-p_{nn})$				
λ_{sec4}	$s_3 p_{nn}$		$s_3(1-p_{nn})$	λ_{sec}			
λ_{s5}	$s_4 p_{nn}$		$s_4(1-p_{nn})$		λ_{en}		
λ_{sec6}			$s_5 p_{nn}$		$\lambda_{sec} p_{nn}$	$\lambda_{sec}(1-p_{nn})$	
λ_{sec7}			$s_6 p_{nn}$			$s_6(1-p_{nn})$	λ_{sec}

III.6.7. Rede com um IAR a jusante (IARn inserido não imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)s_2PAI_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rPAI_3L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)r(1-PAI_3)L_3 + \lambda_{I3}s_2L_1 + \\ & + \lambda_{I3}rIARL_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4PAI_3L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1-PAI_3)L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}s_2PAI_3L_1 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}PAI_3L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1-PAI_3)L_3 + \lambda_5s_5PAI_3L_1 + \\ & + \lambda_5s_5(1-PAI_3)L_3 + \lambda_5rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}s_4PAI_3L_1 + \lambda_{\text{sec}5}s_4(1-PAI_3)L_3 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}L_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_2 - \lambda_n)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + (\lambda_n - \lambda_3)s_nPAInL_1 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_3)rPAInL_2 + (\lambda_n - \lambda_3)r(1-PAIn)L_n + \lambda_{In}s_2L_1 + \lambda_{In}rIARL_2 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)rPAI_3L_n + (\lambda_3 - \lambda_4)r(1-PAI_3)L_3 + \lambda_{I3}s_2PAInL_1 + \lambda_{I3}rIARPAInL_2 + \\ & + \lambda_{I3}rIAR(1-PAIn)L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4PAI_3L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1-PAI_3)L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}PAI_3L_n + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1-PAI_3)L_3 + \lambda_5s_5PAI_3L_n + \lambda_5s_5(1-PAI_3)L_3 + \\ & + \lambda_5rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}s_4PAI_3L_n + \lambda_{\text{sec}5}s_4(1-PAI_3)L_3 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}L_4 \end{aligned}$$



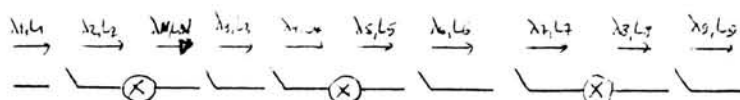
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
λ_2	s_2	λ			
λ_3	$-s_2 + s_2 p_{n5}$	$-\lambda + \lambda p_{n5}$	$\lambda(1-p_{n5})$		
λ_4	$-s_2 p_{n5} + s_4 p_{n5}$	$-\lambda p_{n5}$	$-\lambda(1-p_{n5}) + s_4(1-p_{n5})$	λ	
λ_5	$-s_4 p_{n5} + s_5 p_{n5}$		$-s_4(1-p_{n5}) + s_5(1-p_{n5})$	$-\lambda$	λ
λ_{sec2}	λ_{sec}				
λ_{s3}	s_2	λ_{en2}			
λ_{sec4}	$s_2 p_{n5}$	$\lambda_{sec} p_{n5}$	$\lambda_{sec}(1-p_{n5})$		
λ_{sec5}	$s_4 p_{n5}$		$s_4(1-p_{n5})$	λ_{sec}	

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
λ_e	s_2	λ			
λ_2	$-s_2 + s_n P_{en}$	$-\lambda + \lambda P_{en}$	$\lambda(1 - P_{en})$		
λ_3	$-s_n P_{en}$	$-\lambda P_{en}$	$-\lambda(1 - P_{en}) + \lambda P_{es}$	$\lambda(1 - P_{es})$	
λ_4			$s_n P_{es}$	$-\lambda(1 - P_{es}) + \lambda(P_{es})$	λ
λ_5			$-\lambda P_{es} + s_n P_{es}$	$-\lambda(1 - P_{es}) + s_n(1 - P_{es})$	$-\lambda$
λ_{sec2}	λ_{sec}				
λ_{en}	s_2	λ_{en}			
λ_{es}	$s_2 P_{en}$	$\lambda_{en} P_{en}$	$\lambda_{en}(1 - P_{en})$		
λ_{sec4}			$\lambda_{sec} P_{es}$	$\lambda_{sec}(1 - P_{es})$	
λ_{sec5}			$s_n P_{es}$	$s_n(1 - P_{es})$	λ_{sec}

III.6.8. Rede com mais que um IAR a jusante (IARn inserido não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned}
 \text{END}_{s/\text{IAR}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\
 & + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \lambda_{\text{sec}3}s_2L_1 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4L_1 + \\
 & + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}s_3L_1 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_4P_{AI5}L_1 + (\lambda_5 - \lambda_6)rP_{AI5}L_4 + \\
 & + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - P_{AI5})L_5 + \lambda_{I5}s_4L_1 + \lambda_{I5}r_{\text{IAR}}L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{AI5}L_1 + \\
 & + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{AI5})L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_4P_{AI5}L_1 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}P_{AI5}L_4 + \\
 & + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - P_{AI5})L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7P_{AI5}L_1 + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7(1 - P_{AI5})L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8)rL_7 + \\
 & + \lambda_{\text{sec}7}s_6P_{AI5}L_1 + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - P_{AI5})L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9)s_7P_{AI8}L_5 + \\
 & + (\lambda_8 - \lambda_9)rP_{AI8}L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9)r(1 - P_{AI8})L_8 + \lambda_{I8}s_7P_{AI5}L_1 + \lambda_{I8}s_7(1 - P_{AI5})L_5 + \\
 & + \lambda_{I8}r_{\text{IAR}}L_7 + \dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{END}_{c/\text{IAR}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\
 & + (\lambda_n - \lambda_3)s_2P_{AI n}L_1 + (\lambda_n - \lambda_3)rP_{AI n}L_2 + (\lambda_n - \lambda_3)r(1 - P_{AI n})L_n + \lambda_{In}s_2L_1 + \\
 & + \lambda_{In}r_{\text{IAR}}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3P_{AI n}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3(1 - P_{AI n})L_n + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \\
 & + \lambda_{\text{sec}3}s_2P_{AI n}L_1 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}P_{AI n}L_2 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}(1 - P_{AI n})L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4P_{AI n}L_1 + \\
 & + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1 - P_{AI n})L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}s_3P_{AI n}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}s_3(1 - P_{AI n})L_n + \\
 & + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_4P_{AI5}L_n + (\lambda_5 - \lambda_6)rP_{AI5}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - P_{AI5})L_5 + \\
 & + \lambda_{I5}s_4P_{AI n}L_1 + \lambda_{I5}s_4(1 - P_{AI n})L_n + \lambda_{I5}r_{\text{IAR}}L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{AI5}L_n + \\
 & + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{AI5})L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_4P_{AI5}L_n + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}P_{AI5}L_4 + \\
 & + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - P_{AI5})L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7P_{AI5}L_n + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7(1 - P_{AI5})L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8)rL_7 + \\
 & + \lambda_{\text{sec}7}s_6P_{AI5}L_n + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - P_{AI5})L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9)s_7P_{AI8}L_5 + \\
 & + (\lambda_8 - \lambda_9)rP_{AI8}L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9)r(1 - P_{AI8})L_8 + \lambda_{I8}s_7P_{AI5}L_n + \lambda_{I8}s_7(1 - P_{AI5})L_5 + \\
 & + \lambda_{I8}r_{\text{IAR}}L_7 + \dots
 \end{aligned}$$



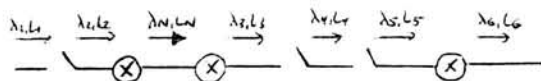
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8
λ_1	λ							
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ						
λ_3	$-s_2 + s_3$	$-\lambda$	λ					
λ_4	$-s_3 + s_4$		$-\lambda$	λ				
λ_5	$-s_4 + s_4 p_{TS}$			$-\lambda + \lambda p_{TS}$	$\lambda(1 - p_{TS})$			
λ_6	$-s_4 p_{TS} + s_6 p_{TS}$			$-\lambda p_{TS}$	$-\lambda(1 - p_{TS})$	$s_6(1 - p_{TS}) + \lambda$		
λ_7	$-s_6 p_{TS} + s_7 p_{TS}$				$s_7(1 - p_{TS})$	$-s_6(1 - p_{TS}) - \lambda$	λ	
λ_8	$-s_7 p_{TS}$				$-s_7(1 - p_{TS}) + s_8 p_{TS}$		$-\lambda + \lambda p_{TS}$	$\lambda(1 - p_{TS})$
λ_9					$-s_8 p_{TS}$		$-\lambda p_{TS}$	$-\lambda(1 - p_{TS})$
λ_{rec2}	λ_{rec}							
λ_{rec3}	s_2	λ_{rec}						
λ_{rec4}	s_3		λ_{rec}					
λ_{rec5}	s_4			λ_{rec}				
λ_{rec6}	$s_4 p_{TS}$			$\lambda_{rec} p_{TS}$	$\lambda_{rec}(1 - p_{TS})$			
λ_{rec7}	$s_6 p_{TS}$				$s_6(1 - p_{TS})$	λ_{rec}		
λ_{rec8}	$s_7 p_{TS}$				$s_7(1 - p_{TS})$		λ_{rec}	

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8
λ_1	λ							
λ_2	$-\lambda + s_2$	λ						
λ_3	$-s_2 + s_3 p_{TS}$	$-\lambda + \lambda p_{TS}$	$\lambda(1 - p_{TS})$					
λ_4	$-s_3 p_{TS} + s_4 p_{TS}$	$-\lambda p_{TS}$	$-\lambda(1 - p_{TS}) + s_4(1 - p_{TS})$	λ				
λ_5	$-s_4 p_{TS}$		$-s_4(1 - p_{TS}) + s_5(1 - p_{TS})$	$-\lambda + \lambda p_{TS}$	$\lambda(1 - p_{TS})$			
λ_6			$-s_5 p_{TS} + s_6 p_{TS}$	$-\lambda p_{TS}$	$-\lambda(1 - p_{TS}) + s_6(1 - p_{TS})$	λ		
λ_7			$-s_6 p_{TS} + s_7 p_{TS}$		$-s_6(1 - p_{TS}) + s_7(1 - p_{TS})$	$-\lambda$	λ	
λ_8			$-s_7 p_{TS}$		$-s_7(1 - p_{TS})$		$-\lambda + \lambda p_{TS}$	$\lambda(1 - p_{TS})$
λ_9							$-\lambda p_{TS}$	$-\lambda(1 - p_{TS})$
λ_{rec2}	λ_{rec}							
λ_{rec3}	s_2	λ_{rec}						
λ_{rec4}	$s_3 p_{TS}$	$\lambda_{rec} p_{TS}$	$\lambda_{rec}(1 - p_{TS})$					
λ_{rec5}	$s_4 p_{TS}$		$s_4(1 - p_{TS})$	λ_{rec}				
λ_{rec6}	$s_4 p_{TS}$			$\lambda_{rec} p_{TS}$	$\lambda_{rec}(1 - p_{TS})$			
λ_{rec7}			$s_6 p_{TS}$		$s_6(1 - p_{TS})$	λ_{rec}		
λ_{rec8}			$s_7 p_{TS}$		$s_7(1 - p_{TS})$		λ_{rec}	

III.6.9. Rede com mais que um IAR a jusante (IARn inserido imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \lambda_{\text{sec}3}s_{\text{sec}}L_1 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4L_1 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}s_3L_1 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}5}s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}L_4 + \lambda_6s_5P_{\text{AI}6}L_3 + \lambda_6rP_{\text{AI}6}L_5 + \lambda_6r(1 - P_{\text{AI}6})L_6 + \lambda_{\text{I}6}s_5P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}6}s_5(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{I}6}r_{\text{IAR}}L_5 + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)s_2L_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)rL_2 + \lambda_{\text{sec}2}r_{\text{sec}}L_1 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_3)s_2P_{\text{AI}n}L_1 + (\lambda_n - \lambda_3)rP_{\text{AI}n}L_2 + (\lambda_n - \lambda_3)r(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{In}}s_2L_1 + \\ & + \lambda_{\text{In}}r_{\text{IAR}}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3P_{\text{AI}n}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}3}s_2P_{\text{AI}n}L_1 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}n}L_2 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4P_{\text{AI}n}L_1 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}s_3P_{\text{AI}n}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}s_3(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5P_{\text{AI}3}L_n + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)rL_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5}s_4P_{\text{AI}3}L_n + \lambda_{\text{sec}5}s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}L_4 + \lambda_6s_5P_{\text{AI}6}L_3 + \\ & + \lambda_6rP_{\text{AI}6}L_5 + \lambda_6r(1 - P_{\text{AI}6})L_6 + \lambda_{\text{I}6}s_5P_{\text{AI}3}L_n + \lambda_{\text{I}6}s_5(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{I}6}r_{\text{IAR}}L_5 + \dots \end{aligned}$$



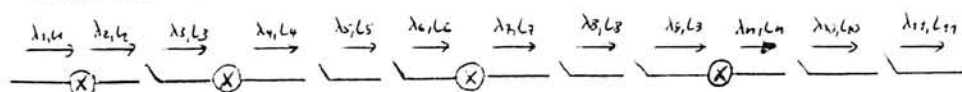
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
λ_1	λ					
λ_2	$-\lambda + \lambda_2$	λ				
λ_3	$-\lambda_2 + \lambda_3$	$-\lambda$	λ			
λ_4	$-\lambda_3 + \lambda_4$		$-\lambda$	λ		
λ_5	$-\lambda_4 + \lambda_5 P_{\text{AI}3}$		$\lambda_5(1 - P_{\text{AI}3})$	$-\lambda$	λ	
λ_6	$-\lambda_5 P_{\text{AI}3}$		$-\lambda_5(1 - P_{\text{AI}3}) + \lambda_5 P_{\text{AI}6}$		$-\lambda + \lambda_{\text{I}6}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}6})$
$\lambda_{\text{sec}2}$	λ_{sec}					
$\lambda_{\text{sec}3}$	λ_2	λ_{sec}				
$\lambda_{\text{sec}4}$	λ_3		λ_{sec}			
$\lambda_{\text{sec}5}$	$\lambda_4 P_{\text{AI}3}$		$\lambda_4(1 - P_{\text{AI}3})$	λ_{sec}		
$\lambda_{\text{I}6}$	$\lambda_5 P_{\text{AI}3}$		$\lambda_5(1 - P_{\text{AI}3})$		λ_{sec}	

	L_1	L_2	L_n	L_3	L_4	L_5	L_6
λ_1	λ						
λ_2	$-\lambda + \lambda_2$	λ					
λ_n	$-\lambda_2 + \lambda_n P_{\text{AI}n}$	$-\lambda + \lambda_n P_{\text{AI}n}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}n})$				
λ_3	$-\lambda_2 P_{\text{AI}n} + \lambda_3 P_{\text{AI}n}$	$-\lambda P_{\text{AI}n}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AI}n}) + \lambda_3(1 - P_{\text{AI}n})$	λ			
λ_4	$-\lambda_3 P_{\text{AI}n} + \lambda_4 P_{\text{AI}n}$		$-\lambda_3(1 - P_{\text{AI}n}) + \lambda_4(1 - P_{\text{AI}n})$	$-\lambda$	λ		
λ_5	$-\lambda_4 P_{\text{AI}n}$		$-\lambda_4(1 - P_{\text{AI}n}) + \lambda_5 P_{\text{AI}3}$	$\lambda_5(1 - P_{\text{AI}3})$	$-\lambda$	λ	
λ_6			$-\lambda_5 P_{\text{AI}3} +$	$-\lambda_5(1 - P_{\text{AI}3}) + \lambda_5 P_{\text{AI}6}$		$-\lambda + \lambda_{\text{I}6}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}6})$
$\lambda_{\text{sec}2}$	λ_{sec}						
$\lambda_{\text{I}n}$	λ_2	$\lambda_{\text{I}n}$					
$\lambda_{\text{sec}3}$	$\lambda_2 P_{\text{AI}n}$	$\lambda_{\text{sec}} P_{\text{AI}n}$	$\lambda_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}n})$				
$\lambda_{\text{sec}4}$	$\lambda_3 P_{\text{AI}n}$		$\lambda_3(1 - P_{\text{AI}n})$	λ_{sec}			
$\lambda_{\text{sec}5}$			$\lambda_4 P_{\text{AI}3}$	$\lambda_4(1 - P_{\text{AI}3})$	λ_{sec}		
$\lambda_{\text{I}6}$			$\lambda_5 P_{\text{AI}3}$	$\lambda_5(1 - P_{\text{AI}3})$		λ_{sec}	

III.6.10. Rede com mais que um IAR a montante (IAR_n inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_9 - \lambda_{10})s_9P_{\text{AI7}}L_4 + (\lambda_9 - \lambda_{10})s_9(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + (\lambda_9 - \lambda_{10})rL_9 + \\ & + \lambda_{\text{sec9}}s_8P_{\text{AI7}}L_4 + \lambda_{\text{sec9}}s_8(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + \lambda_{\text{sec9}}r_{\text{sec}}L_8 + (\lambda_{10} - \lambda_{11})s_{10}P_{\text{AI7}}L_4 + \\ & + (\lambda_{10} - \lambda_{11})s_{10}(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + (\lambda_{10} - \lambda_{11})rL_{10} + \lambda_{\text{sec10}}s_9P_{\text{AI7}}L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec10}}s_9(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + \lambda_{\text{sec10}}r_{\text{sec}}L_{10} + \lambda_{11}s_{11}P_{\text{AI7}}L_4 + \lambda_{11}s_{11}(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + \\ & + \lambda_{11}rL_{11} + \lambda_{\text{sec11}}s_{10}P_{\text{AI7}}L_4 + \lambda_{\text{sec11}}s_{10}(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + \lambda_{\text{sec11}}r_{\text{sec}}L_{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_9 - \lambda_n)s_9P_{\text{AI7}}L_4 + (\lambda_9 - \lambda_n)s_9(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + (\lambda_9 - \lambda_n)rL_9 + \\ & + \lambda_{\text{sec9}}s_8P_{\text{AI7}}L_4 + \lambda_{\text{sec9}}s_8(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + \lambda_{\text{sec9}}r_{\text{sec}}L_8 + (\lambda_n - \lambda_{10})s_9P_{\text{AI7}}L_4 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_{10})rP_{\text{AI7}}L_9 + (\lambda_n - \lambda_{10})r(1 - P_{\text{AI7}})L_n + \lambda_{\text{In}}s_9P_{\text{AI7}}L_4 + \lambda_{\text{In}}s_9(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + \\ & + \lambda_{\text{In}}r_{\text{IAR}}L_9 + (\lambda_{10} - \lambda_{11})s_{10}P_{\text{AI7}}L_4 + (\lambda_{10} - \lambda_{11})s_{10}(1 - P_{\text{AI7}})L_7 + (\lambda_{10} - \lambda_{11})rL_{10} + \\ & + \lambda_{\text{sec10}}s_9P_{\text{AI7}}L_4 + \lambda_{\text{sec10}}r_{\text{sec}}P_{\text{AI7}}L_9 + \lambda_{\text{sec10}}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI7}})L_n + \lambda_{11}s_{11}P_{\text{AI7}}L_4 + \\ & + \lambda_{11}s_{11}(1 - P_{\text{AI7}})L_n + \lambda_{11}rL_{11} + \lambda_{\text{sec11}}s_{10}P_{\text{AI7}}L_4 + \lambda_{\text{sec11}}s_{10}(1 - P_{\text{AI7}})L_n + \\ & + \lambda_{\text{sec11}}r_{\text{sec}}L_{10} \end{aligned}$$



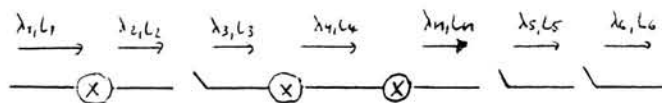
	L_4	L_2	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}
λ_3	$s_3 P_{\text{AI7}}$	$s_3 (1 - P_{\text{AI7}})$	r			
λ_{10}	$-s_9 P_{\text{AI7}} + s_{10} P_{\text{AI7}}$	$-s_9 (1 - P_{\text{AI7}}) + s_{10} (1 - P_{\text{AI7}})$	$-r$		r	
λ_{11}	$-s_{10} P_{\text{AI7}} + s_{11} P_{\text{AI7}}$	$-s_{10} (1 - P_{\text{AI7}}) + s_{11} (1 - P_{\text{AI7}})$			$-r$	r
λ_{sec9}	$s_3 P_{\text{AI7}}$	$s_3 (1 - P_{\text{AI7}})$	r_{sec}			
λ_{sec10}	$s_9 P_{\text{AI7}}$	$s_9 (1 - P_{\text{AI7}})$			r_{sec}	
λ_{sec11}	$s_{10} P_{\text{AI7}}$	$s_{10} (1 - P_{\text{AI7}})$			r_{sec}	

	L_4	L_2	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}
λ_3	$s_3 P_{\text{AI7}}$	$s_3 (1 - P_{\text{AI7}})$	r			
λ_{10}	$-s_9 P_{\text{AI7}} + s_{10} P_{\text{AI7}}$	$-s_9 (1 - P_{\text{AI7}}) + s_{10} (1 - P_{\text{AI7}})$	$-r$	$r(1 - P_{\text{AI7}})$		
λ_{11}		$-s_{10} P_{\text{AI7}} + s_{11} P_{\text{AI7}}$	$-r$	$-r(1 - P_{\text{AI7}}) + s_{11} (1 - P_{\text{AI7}})$	r	
λ_{12}		$-s_{11} P_{\text{AI7}} + s_{12} P_{\text{AI7}}$		$-r$	$s_{12} (1 - P_{\text{AI7}}) + s_{11} (1 - P_{\text{AI7}})$	r
λ_{sec9}	$s_3 P_{\text{AI7}}$	$s_3 (1 - P_{\text{AI7}})$	r_{sec}			
λ_{sec10}	$s_9 P_{\text{AI7}}$	$s_9 (1 - P_{\text{AI7}})$		r_{sec}		
λ_{sec11}	$s_{10} P_{\text{AI7}}$	$s_{10} (1 - P_{\text{AI7}})$		r_{sec}	r_{sec}	
λ_{sec12}		$s_{11} P_{\text{AI7}}$			$s_{12} (1 - P_{\text{AI7}})$	r_{sec}

III.6.11. Rede com mais que um IAR a montante (IARn inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_5) s_3 P_{\text{AI}4} L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5) r P_{\text{AI}4} L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5) r (1 - P_{\text{AI}4}) L_4 + \\ & + \lambda_{\text{I}4} s_3 P_{\text{AI}2} L_1 + \lambda_{\text{I}4} s_3 (1 - P_{\text{AI}2}) L_2 + \lambda_{\text{I}4} r_{\text{IAR}} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 P_{\text{AI}4} L_2 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6) s_6 (1 - P_{\text{AI}4}) L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r L_5 + \lambda_{\text{sec}5} s_3 P_{\text{AI}4} L_2 + \lambda_{\text{sec}5} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}4} L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}4}) L_4 + \lambda_6 s_6 P_{\text{AI}4} L_2 + \lambda_6 s_6 (1 - P_{\text{AI}4}) L_4 + \lambda_6 r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_5 P_{\text{AI}4} L_2 + \lambda_{\text{sec}6} s_5 (1 - P_{\text{AI}4}) L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} L_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_n) s_3 P_{\text{AI}4} L_2 + (\lambda_4 - \lambda_n) r P_{\text{AI}4} L_3 + (\lambda_4 - \lambda_n) r (1 - P_{\text{AI}4}) L_4 + \\ & + \lambda_{\text{I}4} s_3 P_{\text{AI}2} L_1 + \lambda_{\text{I}4} s_3 (1 - P_{\text{AI}2}) L_2 + \lambda_{\text{I}4} r_{\text{IAR}} L_3 + (\lambda_n - \lambda_5) r P_{\text{AI}n} L_4 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_5) r (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{\text{In}} s_3 P_{\text{AI}4} L_2 + \lambda_{\text{In}} r_{\text{IAR}} P_{\text{AI}4} L_3 + \lambda_{\text{In}} r_{\text{IAR}} (1 - P_{\text{AI}4}) L_4 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 P_{\text{AI}n} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + (\lambda_5 - \lambda_6) r L_5 + \lambda_{\text{sec}5} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}n} L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_6 s_6 P_{\text{AI}n} L_4 + \lambda_6 s_6 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_6 r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_5 P_{\text{AI}n} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} s_5 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} L_5 \end{aligned}$$



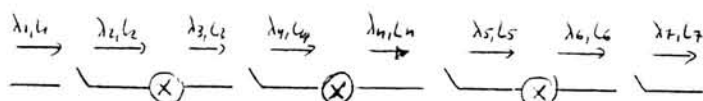
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
λ_4	s_3	$s_3 P_{\text{AI}4}$	$r P_{\text{AI}4}$	$r(1 - P_{\text{AI}4})$		
λ_5		$-s_3 P_{\text{AI}4} + s_5 P_{\text{AI}4}$	$-r P_{\text{AI}4}$	$-r(1 - P_{\text{AI}4}) + \lambda_5(1 - P_{\text{AI}4})$	λ	
λ_6		$-s_5 P_{\text{AI}4} + s_6 P_{\text{AI}4}$		$-r(1 - P_{\text{AI}4}) + \lambda_6(1 - P_{\text{AI}4})$	$-r$	λ
$\lambda_{\text{I}4}$	$s_3 P_{\text{AI}2}$	$s_3(1 - P_{\text{AI}2})$	$\lambda_{\text{I}4} r$			
$\lambda_{\text{sec}5}$		$s_3 P_{\text{AI}4}$	$\lambda_{\text{sec}5} r P_{\text{AI}4}$	$\lambda_{\text{sec}5} r(1 - P_{\text{AI}4})$		
$\lambda_{\text{sec}6}$		$s_5 P_{\text{AI}4}$		$s_5(1 - P_{\text{AI}4})$	$\lambda_{\text{sec}6}$	

	L1	L2	L3	L4	L5	L6
λ_4		$s_3 P_{\text{AI}4}$	$\lambda_4 r P_{\text{AI}4}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}4})$		
λ_{In}		$-s_3 P_{\text{AI}4}$	$-r P_{\text{AI}4}$	$\lambda r P_{\text{AI}4}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}4})$	
λ_5				$-r P_{\text{AI}4} + \lambda_5(1 - P_{\text{AI}4})$	$-r$	
λ_6				$-r(1 - P_{\text{AI}4}) + \lambda_6(1 - P_{\text{AI}4})$	$-r$	λ
$\lambda_{\text{I}4}$	$s_3 P_{\text{AI}2}$	$s_3(1 - P_{\text{AI}2})$	$\lambda_{\text{I}4} r$			
λ_{In}		$s_3 P_{\text{AI}4}$	$\lambda_{\text{In}} r P_{\text{AI}4}$	$\lambda_{\text{In}} r(1 - P_{\text{AI}4})$		
$\lambda_{\text{sec}5}$				$\lambda_{\text{sec}5} r P_{\text{AI}4}$	$\lambda_{\text{sec}5} r(1 - P_{\text{AI}4})$	
$\lambda_{\text{sec}6}$				$s_5 P_{\text{AI}4}$	$s_5(1 - P_{\text{AI}4})$	$\lambda_{\text{sec}6}$

III.6.12. Rede com um IAR a montante e outro a jusante (IARn inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}rP_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}5}s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_5P_{\text{AI}6}L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7)rP_{\text{AI}6}L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)r(1 - P_{\text{AI}6})L_6 + \\ & + \lambda_{\text{I}6}s_5P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{I}6}s_5(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \lambda_{\text{I}6}r_{\text{IAR}}P_{\text{AI}6}L_5 + \lambda_7s_7P_{\text{AI}6}L_3 + \\ & + \lambda_7s_7(1 - P_{\text{AI}6})L_6 + \lambda_7rL_7 + \lambda_{\text{sec}7}s_5P_{\text{AI}6}L_3 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}6}L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}6})L_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_n)s_4P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_4 - \lambda_n)s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_n)rL_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}rP_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_n - \lambda_5)s_4P_{\text{AI}n}L_3 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_5)rP_{\text{AI}n}L_4 + (\lambda_n - \lambda_5)r(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{In}4}s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{In}4}s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{In}4}r_{\text{IAR}}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5P_{\text{AI}n}L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_5 - \lambda_6)rL_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5}s_4P_{\text{AI}n}L_1 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}n})L_4 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7)s_5P_{\text{AI}6}L_n + (\lambda_6 - \lambda_7)rP_{\text{AI}6}L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)r(1 - P_{\text{AI}6})L_6 + \lambda_{\text{I}6}s_5P_{\text{AI}n}L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}6}s_5(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{I}6}r_{\text{IAR}}L_5 + \lambda_7s_7P_{\text{AI}6}L_n + \lambda_7s_7(1 - P_{\text{AI}6})L_6 + \lambda_7rL_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7}s_5P_{\text{AI}6}L_n + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}6}L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}6})L_6 \end{aligned}$$



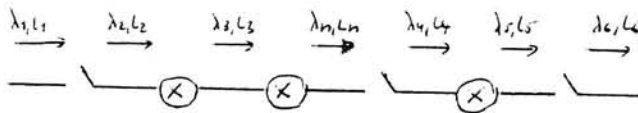
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
λ_4	$s_4 P_{\text{AI}3}$	$s_4(1 - P_{\text{AI}3})$		λ			
λ_5	$-s_4 P_{\text{AI}3} + s_5 P_{\text{AI}3}$	$-s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	$s_5(1 - P_{\text{AI}3})$	$-\lambda$	λ		
λ_6	$-s_5 P_{\text{AI}3}$		$-s_5(1 - P_{\text{AI}3}) + s_6 P_{\text{AI}6}$		$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}6}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}6})$	
λ_7			$-s_6 P_{\text{AI}6} + s_7 P_{\text{AI}6}$		$-\lambda P_{\text{AI}6}$	$s_7(1 - P_{\text{AI}6})$	λ
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4} P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4}(1 - P_{\text{AI}3})$				
$\lambda_{\text{sec}5}$	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	$\lambda_{\text{sec}5}$			
$\lambda_{\text{I}6}$	$s_5 P_{\text{AI}3}$		$s_5(1 - P_{\text{AI}3})$		$\lambda_{\text{I}6} P_{\text{AI}6}$		
$\lambda_{\text{sec}7}$			$s_5 P_{\text{AI}6}$		$\lambda_{\text{sec}7} P_{\text{AI}6}$	$\lambda_{\text{sec}7}(1 - P_{\text{AI}6})$	

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_n	L_5	L_6	L_7
λ_4	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	λ				
λ_n	$-s_4 P_{\text{AI}3}$		$-s_4(1 - P_{\text{AI}3}) + s_5 P_{\text{AI}n}$	$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}n}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}n})$			
λ_5			$-s_5 P_{\text{AI}n} + s_6 P_{\text{AI}n}$	$-\lambda P_{\text{AI}n}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AI}n}) + s_6(1 - P_{\text{AI}n})$	λ		
λ_6			$-s_6 P_{\text{AI}n}$		$s_6(1 - P_{\text{AI}n}) + s_7 P_{\text{AI}6}$	$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}6}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}6})$	
λ_7					$-s_7 P_{\text{AI}6} + s_8 P_{\text{AI}6}$	$-\lambda P_{\text{AI}6}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AI}6}) + s_8(1 - P_{\text{AI}6})$	
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4} P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4}(1 - P_{\text{AI}3})$					
$\lambda_{\text{In}4}$	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	$\lambda_{\text{In}4}$				
$\lambda_{\text{sec}5}$	$s_4 P_{\text{AI}n}$			$\lambda_{\text{sec}5}(1 - P_{\text{AI}n})$	$\lambda_{\text{sec}5}(1 - P_{\text{AI}n})$			
$\lambda_{\text{I}6}$			$s_5 P_{\text{AI}n}$		$s_5(1 - P_{\text{AI}n})$	$\lambda_{\text{I}6}$		
$\lambda_{\text{sec}7}$					$s_5 P_{\text{AI}6}$	$\lambda_{\text{sec}7} P_{\text{AI}6}$	$\lambda_{\text{sec}7}(1 - P_{\text{AI}6})$	

III.6.13. Rede com um IAR a montante e outro a jusante (IARn inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_3 - \lambda_4) s_2 P_{\text{AI}3} L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4) r P_{\text{AI}3} L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4) r (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}3} s_2 L_1 + \lambda_{\text{I}3} r \text{IAR} L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 P_{\text{AI}3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5) r L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4} s_2 P_{\text{AI}3} L_1 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}3} L_2 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{\text{AI}5} L_3 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{\text{AI}5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_{\text{I}5} s_4 P_{\text{AI}3} L_1 + \lambda_{\text{I}5} s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}5} r \text{IAR} L_4 + \lambda_6 s_6 P_{\text{AI}5} L_3 + \lambda_6 s_6 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_6 r L_6 + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{\text{AI}5} L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_3 - \lambda_n) s_2 P_{\text{AI}3} L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n) r P_{\text{AI}3} L_2 + (\lambda_3 - \lambda_n) r (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}3} s_2 L_1 + \lambda_{\text{I}3} r \text{IAR} L_2 + (\lambda_n - \lambda_4) r P_{\text{AI}n} L_3 + (\lambda_n - \lambda_4) r (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{\text{I}n} s_2 P_{\text{AI}3} L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}n} r \text{IAR} P_{\text{AI}3} L_2 + \lambda_{\text{I}n} r \text{IAR} (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 P_{\text{AI}n} L_3 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + (\lambda_4 - \lambda_5) r L_4 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}n} L_3 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{\text{AI}5} L_n + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{\text{AI}5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_{\text{I}5} s_4 P_{\text{AI}n} L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}5} s_4 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{\text{I}5} r \text{IAR} L_4 + \lambda_6 s_6 P_{\text{AI}5} L_n + \lambda_6 s_6 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_6 r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{\text{AI}5} L_n + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 \end{aligned}$$



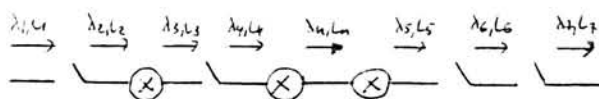
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	
λ_3	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r P_{\text{AI}3}$	$\lambda (1 - P_{\text{AI}3})$				
λ_4	$-s_2 P_{\text{AI}3} + s_4 P_{\text{AI}3}$	$-r P_{\text{AI}3}$	$-\lambda (1 - P_{\text{AI}3}) + \lambda_4 (1 - P_{\text{AI}3})$	λ			
λ_5	$-s_4 P_{\text{AI}3}$		$-s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) + s_6 P_{\text{AI}3}$	$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}3}$	$\lambda (1 - P_{\text{AI}3})$		
λ_6			$-s_6 P_{\text{AI}3} + s_6 P_{\text{AI}3}$	$-r P_{\text{AI}3}$	$-\lambda (1 - P_{\text{AI}3}) + \lambda_6 (1 - P_{\text{AI}3})$	λ	
$\lambda_{\text{I}3}$	s_2	$r_{\text{AI}3}$					
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r_{\text{sec}4} P_{\text{AI}3}$	$r_{\text{sec}4} (1 - P_{\text{AI}3})$				
$\lambda_{\text{I}5}$	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4 (1 - P_{\text{AI}3})$	$r_{\text{AI}5}$			
$\lambda_{\text{sec}6}$			$s_4 P_{\text{AI}3}$	$r_{\text{sec}6} P_{\text{AI}3}$	$r_{\text{sec}6} (1 - P_{\text{AI}3})$		

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	
λ_3	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r P_{\text{AI}3}$	$\lambda (1 - P_{\text{AI}3})$				
λ_n	$-s_2 P_{\text{AI}3}$	$-r P_{\text{AI}3}$	$-\lambda (1 - P_{\text{AI}3}) + \lambda_n (1 - P_{\text{AI}3})$	λ			
λ_4			$-\lambda P_{\text{AI}3} + s_4 P_{\text{AI}3}$	$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}3}$	$\lambda (1 - P_{\text{AI}3})$		
λ_5			$-s_4 P_{\text{AI}3}$	$-s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) + s_6 P_{\text{AI}3}$	$-\lambda + \lambda P_{\text{AI}3}$	$\lambda (1 - P_{\text{AI}3})$	
λ_6				$-s_6 P_{\text{AI}3} + s_6 P_{\text{AI}3}$	$-r P_{\text{AI}3}$	$-\lambda (1 - P_{\text{AI}3}) + \lambda_6 (1 - P_{\text{AI}3})$	λ
$\lambda_{\text{I}3}$	s_2	$r_{\text{AI}3}$					
$\lambda_{\text{I}n}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r_{\text{AI}n} P_{\text{AI}3}$	$r_{\text{AI}n} (1 - P_{\text{AI}3})$		$r_{\text{AI}5}$		
$\lambda_{\text{sec}4}$			$r_{\text{sec}4} P_{\text{AI}3}$	$r_{\text{sec}4} (1 - P_{\text{AI}3})$			
$\lambda_{\text{I}5}$	$s_4 P_{\text{AI}3}$			$s_4 (1 - P_{\text{AI}3})$	$r_{\text{AI}5}$		
$\lambda_{\text{sec}6}$				$s_4 P_{\text{AI}3}$	$r_{\text{sec}6} P_{\text{AI}3}$	$r_{\text{sec}6} (1 - P_{\text{AI}3})$	

III.6.14. Rede com um IAR a montante e outro a jusante (IARn inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{S/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}rP_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_4P_{\text{AI}5}L_1 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)rP_{\text{AI}5}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_{\text{I}5}s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{I}5}s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}5}r_{\text{IAR}}L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{\text{AI}5}L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}s_4P_{\text{AI}5}L_3 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}5}L_4 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_7s_7P_{\text{AI}5}L_3 + \\ & + \lambda_7s_7(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_7rL_7 + \lambda_{\text{sec}7}s_6P_{\text{AI}5}L_3 + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{C/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_n)s_4P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_4 - \lambda_n)s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_n)rL_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}rP_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_n - \lambda_5)s_4P_{\text{AI}n}L_3 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_5)rP_{\text{AI}n}L_4 + (\lambda_n - \lambda_5)r(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{I}n}s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{I}n}s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}n}r_{\text{IAR}}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)rP_{\text{AI}5}L_n + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_{\text{I}5}s_4P_{\text{AI}n}L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}5}rP_{\text{AI}n}L_4 + \lambda_{\text{I}5}r_{\text{IAR}}(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{\text{AI}5}L_n + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{\text{AI}7})L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}5}L_n + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_7s_7P_{\text{AI}5}L_n + \\ & + \lambda_7s_7(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_7rL_7 + \lambda_{\text{sec}7}s_6P_{\text{AI}5}L_n + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 \end{aligned}$$



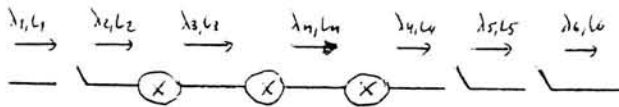
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
λ_4	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	r			
λ_5	$-s_4 P_{\text{AI}3} + s_4 P_{\text{AI}5}$		$-s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	$-r + r P_{\text{AI}5}$	$\lambda_4(1 - P_{\text{AI}5})$		
λ_6	$-s_4 P_{\text{AI}5}$		$s_6 P_{\text{AI}5}$	$-r P_{\text{AI}5}$	$-r(1 - P_{\text{AI}5}) + s_6(1 - P_{\text{AI}5})$	r	
λ_7			$-s_6 P_{\text{AI}5} + r P_{\text{AI}5}$		$-s_6(1 - P_{\text{AI}5})$	$-r$	
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4}(1 - P_{\text{AI}3})$		$s_2(1 - P_{\text{AI}3})$		r
$\lambda_{\text{I}5}$	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	r_{IAR}			
$\lambda_{\text{sec}6}$			$s_6 P_{\text{AI}5}$	$\lambda_{\text{sec}6} P_{\text{AI}5}$	$\lambda_{\text{sec}6}(1 - P_{\text{AI}5})$		
$\lambda_{\text{sec}7}$			$s_6 P_{\text{AI}5}$		$s_6(1 - P_{\text{AI}5})$	$r_{\text{sec}7} L_6$	

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
λ_4	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	r			
λ_5	$-s_4 P_{\text{AI}3}$		$-s_4(1 - P_{\text{AI}3}) + s_4 P_{\text{AI}5}$	$-r + r P_{\text{AI}5}$	$\lambda_4(1 - P_{\text{AI}5})$		
λ_6			$-s_4 P_{\text{AI}5}$	$-r P_{\text{AI}5}$	$-r(1 - P_{\text{AI}5}) + s_6(1 - P_{\text{AI}5})$	r	
λ_7				$-s_6(1 - P_{\text{AI}5})$	$-r$		
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4}(1 - P_{\text{AI}3})$		$s_2(1 - P_{\text{AI}3})$		r
$\lambda_{\text{I}5}$	$s_4 P_{\text{AI}3}$		$s_4(1 - P_{\text{AI}3})$	r_{IAR}			
$\lambda_{\text{sec}6}$				$\lambda_{\text{sec}6} P_{\text{AI}5}$	$\lambda_{\text{sec}6}(1 - P_{\text{AI}5})$		
$\lambda_{\text{sec}7}$				$s_6(1 - P_{\text{AI}5})$			

III.6.15. Rede com um IAR a montante e outro a jusante (IARn inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_3 - \lambda_4)s_2P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}3}s_2L_1 + \lambda_{\text{I}3}r\text{IAR}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)rP_{\text{AI}4}L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)r(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_{\text{I}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}4}r\text{IAR}P_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{I}4}r\text{IAR}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5P_{\text{AI}4}L_3 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}4}L_3 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \\ & + \lambda_6s_6P_{\text{AI}4}L_3 + \lambda_6s_6(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_6rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_5P_{\text{AI}4}L_3 + \lambda_{\text{sec}6}s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}L_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_3 - \lambda_n)s_2P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n)rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_n)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}3}s_2L_1 + \lambda_{\text{I}3}r\text{IAR}L_2 + (\lambda_n - \lambda_4)rP_{\text{AI}n}L_3 + (\lambda_n - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{I}n}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}n}r\text{IAR}P_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{I}n}r\text{IAR}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)rP_{\text{AI}4}L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)r(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \\ & + \lambda_{\text{I}4}r\text{IAR}P_{\text{AI}n}L_3 + \lambda_{\text{I}4}r\text{IAR}(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5P_{\text{AI}4}L_n + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}4}L_n + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \\ & + \lambda_6s_6P_{\text{AI}4}L_n + \lambda_6s_6(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_6rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_5P_{\text{AI}4}L_n + \lambda_{\text{sec}6}s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}L_5 \end{aligned}$$



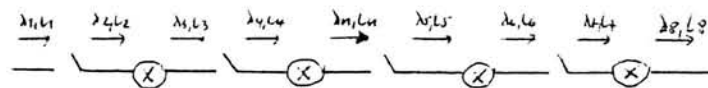
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	
λ_1	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r P_{\text{AI}3}$	$r(1 - P_{\text{AI}3})$				
λ_2	$-s_2 P_{\text{AI}3}$	$-r P_{\text{AI}3}$	$-r(1 - P_{\text{AI}3}) + r P_{\text{AI}4}$	$r(1 - P_{\text{AI}4})$			
λ_3			$+s_5 P_{\text{AI}4}L_3$	$-r(1 - P_{\text{AI}4}) + s_5(1 - P_{\text{AI}4})$	r		
λ_4			$-s_5 P_{\text{AI}4}L_3 + s_6 P_{\text{AI}4}$	$-s_5(1 - P_{\text{AI}4}) + s_6(1 - P_{\text{AI}4})$	$-r$	r	
$\lambda_{\text{I}3}$	s_2	$r P_{\text{AI}3}$					
$\lambda_{\text{I}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r P_{\text{AI}3}$	$r(1 - P_{\text{AI}3})$				
$\lambda_{\text{sec}5}$			$r_{\text{sec}} P_{\text{AI}4}$	$r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})$			
$\lambda_{\text{sec}6}$			$s_5 P_{\text{AI}4}$	$s_5(1 - P_{\text{AI}4})$	r_{sec}		

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	
λ_1	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r P_{\text{AI}3}$	$r(1 - P_{\text{AI}3})$				
λ_2	$-s_2 P_{\text{AI}3}$	$-r P_{\text{AI}3}$	$-r(1 - P_{\text{AI}3}) + r P_{\text{AI}4}$	$r(1 - P_{\text{AI}4})$			
λ_3			$-r P_{\text{AI}4}$	$-r(1 - P_{\text{AI}4}) + s_5(1 - P_{\text{AI}4})$	r		
λ_4			$-s_5 P_{\text{AI}4} + s_6 P_{\text{AI}4}$	$-s_5(1 - P_{\text{AI}4}) + s_6(1 - P_{\text{AI}4})$	$-r$	r	
$\lambda_{\text{I}3}$	s_2	$r P_{\text{AI}3}$					
$\lambda_{\text{I}4}$	$s_2 P_{\text{AI}3}$	$r P_{\text{AI}3}$	$r(1 - P_{\text{AI}3})$				
$\lambda_{\text{sec}5}$			$r_{\text{sec}} P_{\text{AI}4}$	$r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})$			
$\lambda_{\text{sec}6}$			$s_5 P_{\text{AI}4}$	$s_5(1 - P_{\text{AI}4})$	r_{sec}		

III.6.16. Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante
(IARn inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e não
imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 P_{\text{AI}3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5) r L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4} s_2 P_{\text{AI}3} L_1 + \lambda_{\text{sec}4} r P_{\text{AI}3} L_2 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 P_{\text{AI}3} L_1 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) r L_5 + \lambda_{\text{sec}5} s_4 P_{\text{AI}3} L_1 + \lambda_{\text{sec}5} s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}5} r_{\text{sec}} L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_5 P_{\text{AI}6} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{\text{AI}6} L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{\text{AI}6}) L_6 + \\ & + \lambda_{\text{I}6} s_5 P_{\text{AI}3} L_1 + \lambda_{\text{I}6} s_5 (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + \lambda_{\text{I}6} \Gamma_{\text{IAR}} L_3 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{\text{AI}6} L_3 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{\text{AI}6}) L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_5 P_{\text{AI}6} L_3 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}6} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}6}) L_6 + \lambda_8 s_7 P_{\text{AI}8} L_6 + \lambda_8 r P_{\text{AI}8} L_7 + \lambda_8 r (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \\ & + \lambda_{\text{I}8} s_7 P_{\text{AI}6} L_3 + \lambda_{\text{I}8} s_7 (1 - P_{\text{AI}6}) L_6 + \lambda_{\text{I}8} \Gamma_{\text{IAR}} L_7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 P_{\text{AI}3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_n) r L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4} s_2 P_{\text{AI}3} L_1 + \lambda_{\text{sec}4} r P_{\text{AI}3} L_2 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + (\lambda_n - \lambda_5) s_4 P_{\text{AI}n} L_3 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_5) r P_{\text{AI}n} L_4 + (\lambda_n - \lambda_5) r (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{\text{In}4} s_4 P_{\text{AI}3} L_1 + \lambda_{\text{In}4} s_4 (1 - P_{\text{AI}3}) L_3 + \\ & + \lambda_{\text{In}4} \Gamma_{\text{IAR}} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 P_{\text{AI}n} L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_5 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + (\lambda_5 - \lambda_6) r L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) s_5 P_{\text{AI}6} L_n + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{\text{AI}6} L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{\text{AI}6}) L_6 + \lambda_{\text{I}6} s_5 P_{\text{AI}n} L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}6} s_5 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{\text{I}6} \Gamma_{\text{IAR}} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{\text{AI}6} L_n + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{\text{AI}6}) L_6 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_5 P_{\text{AI}6} L_n + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}6} L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}6}) L_6 + \\ & + \lambda_8 s_7 P_{\text{AI}8} L_6 + \lambda_8 r P_{\text{AI}8} L_7 + \lambda_8 r (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \lambda_{\text{I}8} s_7 P_{\text{AI}6} L_n + \lambda_{\text{I}8} s_7 (1 - P_{\text{AI}6}) L_6 + \\ & + \lambda_{\text{I}8} \Gamma_{\text{IAR}} L_7 \end{aligned}$$

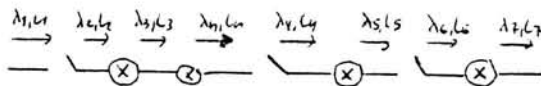


	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
λ ₄	s ₄ P _{AI3}		s ₄ (1 - P _{AI3})	r				
λ ₅	-s ₄ P _{AI3} + s ₅ P _{AI3}		-s ₄ (1 - P _{AI3}) + r (1 - P _{AI3})	-r	r			
λ ₆	-s ₅ P _{AI3}		s ₅ (1 - P _{AI3}) + s ₆ P _{AI6}		-r + λ ₆ P _{AI6}	r (1 - P _{AI6})		
λ ₇			-s ₆ P _{AI6} + s ₇ P _{AI6}		-r P _{AI6}	-r (1 - P _{AI6}) + s ₇ (1 - P _{AI6})	r	
λ ₈			-s ₇ P _{AI6}			-s ₇ (1 - P _{AI6}) + λ ₈ P _{AI8}	-r + λ ₈ P _{AI8}	r (1 - P _{AI8})
λ _{I6c4}	s ₅ P _{AI3}	r P _{AI3}	r _{sec} (1 - P _{AI3})					
λ _{sec5}	s ₄ P _{AI3}		s ₄ (1 - P _{AI3})	r _{sec}				
λ _{sec6}	s ₅ P _{AI3}		s ₅ (1 - P _{AI3})		r _{sec}			
λ _{I6c7}			s ₆ P _{AI6}		r _{sec} P _{AI6}	r _{sec} (1 - P _{AI6})		
λ _{I8}			s ₇ P _{AI6}			s ₇ (1 - P _{AI6})	r _{sec}	
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
λ ₄	s ₄ P _{AI3}		s ₄ (1 - P _{AI3})	r				
λ _n	-s ₄ P _{AI3}		-s ₄ (1 - P _{AI3}) + s _n P _{AI3}	-r + λ _n P _{AI3}	r (1 - P _{AI3})			
λ ₅			-s ₄ P _{AI3} + s ₅ P _{AI3}	-r P _{AI3}	-r (1 - P _{AI3}) + s ₅ (1 - P _{AI3})	r		
λ ₆			-s ₅ P _{AI3}		-s ₅ (1 - P _{AI3}) + s ₆ P _{AI6}	-r + λ ₆ P _{AI6}	r (1 - P _{AI6})	
λ ₇					-s ₆ P _{AI6} + s ₇ P _{AI6}	-r P _{AI6}	-r (1 - P _{AI6}) + s ₇ (1 - P _{AI6})	r
λ ₈					-s ₇ P _{AI6}	-s ₇ (1 - P _{AI6}) + λ ₈ P _{AI8}	-r + λ ₈ P _{AI8}	r (1 - P _{AI8})
λ _{I6c4}	s ₅ P _{AI3}	r _{sec} P _{AI3}	r _{sec} (1 - P _{AI3})					
λ _{sec5}	s ₄ P _{AI3}		s ₄ (1 - P _{AI3})	r _{sec}				
λ _{sec6}	s ₅ P _{AI3}		s ₅ (1 - P _{AI3})		r _{sec}			
λ _{I6c7}			s ₆ P _{AI6}		r _{sec} P _{AI6}	r _{sec} (1 - P _{AI6})		
λ _{I8}			s ₇ P _{AI6}			s ₇ (1 - P _{AI6})	r _{sec}	

III.6.17. Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante
(IAR_n inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e não
imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_3 - \lambda_4)s_2P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}3}s_2L_1 + \lambda_{\text{I}3}r\text{IAR}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_4P_{\text{AI}5}L_3 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)rP_{\text{AI}5}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_{\text{I}5}s_4P_{\text{AI}3}L_1 + \lambda_{\text{I}5}s_4(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}5}r\text{IAR}L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{\text{AI}5}L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}s_4P_{\text{AI}5}L_3 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}5}L_4 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_7s_6P_{\text{AI}7}L_5 + \\ & + \lambda_7rP_{\text{AI}7}L_6 + \lambda_7r(1 - P_{\text{AI}7})L_7 + \lambda_{\text{I}7}s_6P_{\text{AI}5}L_3 + \lambda_{\text{I}7}s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_{\text{I}7}r\text{IAR}L_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_3 - \lambda_n)s_2P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n)rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_n)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}3}s_2L_1 + \lambda_{\text{I}3}r\text{IAR}L_2 + (\lambda_n - \lambda_4)rP_{\text{AI}n}L_3 + (\lambda_n - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{I}n}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}n}r\text{IAR}P_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{I}n}r\text{IAR}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4P_{\text{AI}n}L_3 + \\ & + (\lambda_4 - \lambda_5)s_4(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}n}L_3 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)s_4P_{\text{AI}5}L_n + (\lambda_5 - \lambda_6)rP_{\text{AI}5}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_{\text{I}5}s_4P_{\text{AI}n}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}5}s_4(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{I}5}r\text{IAR}L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{\text{AI}5}L_n + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_4P_{\text{AI}5}L_3 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}5}L_4 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \\ & + \lambda_7s_6P_{\text{AI}7}L_5 + \lambda_7rP_{\text{AI}7}L_6 + \lambda_7r(1 - P_{\text{AI}7})L_7 + \lambda_{\text{I}7}s_6P_{\text{AI}5}L_n + \lambda_{\text{I}7}s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \\ & + \lambda_{\text{I}7}r\text{IAR}L_6 \end{aligned}$$



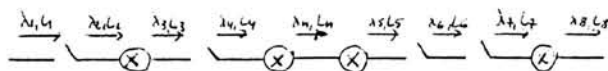
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	
λ_3	$s_2P_{\text{AI}3}$	$\lambda P_{\text{AI}3}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}3})$					
λ_4	$-s_2P_{\text{AI}3} + s_4P_{\text{AI}5}$	$-\lambda P_{\text{AI}3}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AI}3}) + s_4(1 - P_{\text{AI}5})$	λ				
λ_5	$-s_4P_{\text{AI}5}$		$-s_4(1 - P_{\text{AI}5}) + s_6P_{\text{AI}7}$	$-\lambda P_{\text{AI}5}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}5})$			
λ_6			$-s_6P_{\text{AI}7} + s_6P_{\text{AI}7}$	$-\lambda P_{\text{AI}7}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AI}7}) + s_6(1 - P_{\text{AI}7})$	λ		
λ_7			$-s_6P_{\text{AI}7}$		$-s_6(1 - P_{\text{AI}7}) + s_6P_{\text{AI}7}$	$-\lambda P_{\text{AI}7}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}7})$	
$\lambda_{\text{I}3}$	s_2	$\lambda_{\text{I}3}$						
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4}P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4}(1 - P_{\text{AI}3})$					
$\lambda_{\text{I}5}$	$s_4P_{\text{AI}5}$		$s_4(1 - P_{\text{AI}5})$	$\lambda_{\text{I}5}$				
$\lambda_{\text{sec}6}$			$s_4P_{\text{AI}5}$	$\lambda_{\text{sec}6}P_{\text{AI}5}$	$\lambda_{\text{sec}6}(1 - P_{\text{AI}5})$			
$\lambda_{\text{I}7}$			$s_6P_{\text{AI}7}$		$s_6(1 - P_{\text{AI}7})$	$\lambda_{\text{I}7}$		

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	
λ_3	$s_2P_{\text{AI}3}$	$\lambda P_{\text{AI}3}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}3})$					
λ_4	$-s_2P_{\text{AI}3} + s_4P_{\text{AI}5}$	$-\lambda P_{\text{AI}3}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AI}3}) + s_4(1 - P_{\text{AI}5})$	λ				
λ_5			$-s_4P_{\text{AI}5}$	$-\lambda P_{\text{AI}5}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}5})$			
λ_6			$-s_4P_{\text{AI}5} + s_6P_{\text{AI}7}$	$-\lambda P_{\text{AI}7}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AI}7}) + s_6(1 - P_{\text{AI}7})$	λ		
λ_7			$-s_6P_{\text{AI}7}$		$-s_6(1 - P_{\text{AI}7}) + s_6P_{\text{AI}7}$	$-\lambda P_{\text{AI}7}$	$\lambda(1 - P_{\text{AI}7})$	
$\lambda_{\text{I}3}$	s_2	$\lambda_{\text{I}3}$						
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4}P_{\text{AI}3}$	$\lambda_{\text{sec}4}(1 - P_{\text{AI}3})$					
$\lambda_{\text{I}5}$	$s_4P_{\text{AI}5}$		$s_4(1 - P_{\text{AI}5})$	$\lambda_{\text{I}5}$				
$\lambda_{\text{sec}6}$			$s_4P_{\text{AI}5}$	$\lambda_{\text{sec}6}P_{\text{AI}5}$	$\lambda_{\text{sec}6}(1 - P_{\text{AI}5})$			
$\lambda_{\text{I}7}$			$s_6P_{\text{AI}7}$		$s_6(1 - P_{\text{AI}7})$	$\lambda_{\text{I}7}$		

III.6.18. Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (IARn inserido não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 P_{AI3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_5) s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5) r L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4} s_2 P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}4} r P_{AI3} L_2 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{AI5} L_1 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I5} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \\ & + \lambda_{I5} r_{\text{IAR}} L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6} s_4 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_4 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI5} L_3 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{AI5} L_3 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + \lambda_8 s_7 P_{AI8} L_5 + \lambda_8 r P_{AI8} L_7 + \lambda_8 r (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{I8} s_7 P_{AI5} L_2 + \\ & + \lambda_{I8} s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I8} r_{\text{IAR}} L_7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 P_{AI3} L_1 + (\lambda_4 - \lambda_n) s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_4 - \lambda_n) r L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}4} s_2 P_{AI3} L_1 + \lambda_{\text{sec}4} r P_{AI3} L_2 + \lambda_{\text{sec}4} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI3}) L_3 + (\lambda_n - \lambda_5) s_4 P_{AI n} L_3 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_5) r P_{AI n} L_4 + (\lambda_n - \lambda_5) r (1 - P_{AI n}) L_n + \lambda_{I n} s_4 P_{AI3} L_1 + \lambda_{I n} s_4 (1 - P_{AI3}) L_3 + \\ & + \lambda_{I n} r_{\text{IAR}} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_n + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I5} s_4 P_{AI n} L_3 + \\ & + \lambda_{I5} r_{\text{AI n}} P_{AI n} L_4 + \lambda_{I5} r_{\text{IAR}} (1 - P_{AI n}) L_n + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_n + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI7}) L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} P_{AI5} L_n + \lambda_{\text{sec}6} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI5} L_n + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{AI5} L_n + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + \lambda_8 s_7 P_{AI8} L_5 + \lambda_8 r P_{AI8} L_7 + \lambda_8 r (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{I8} s_7 P_{AI5} L_n + \\ & + \lambda_{I8} s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{I8} r_{\text{IAR}} L_7 \end{aligned}$$



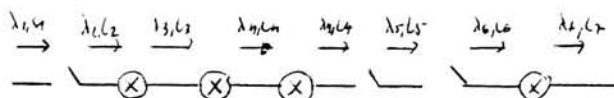
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8
λ_4	$s_4 P_{AI3}$		$s_4 (1 - P_{AI3})$	λ				
λ_5	$-s_4 P_{AI3} + s_4 P_{AI5}$		$-s_4 (1 - P_{AI3})$	$-s_4 + \lambda P_{AI5}$	$s_4 (1 - P_{AI5})$			
λ_6	$-s_4 P_{AI5}$		$s_4 P_{AI5}$	$-P_{AI5}$	$-s_4 (1 - P_{AI5}) + s_6 (1 - P_{AI7})$	λ		
λ_7			$-s_6 P_{AI5} + s_7 P_{AI5}$		$-s_6 (1 - P_{AI5}) + s_7 (1 - P_{AI8})$	$-\lambda$	λ	
λ_8			$-s_7 P_{AI5}$		$-s_7 (1 - P_{AI5}) + s_8 P_{AI5}$		$-\lambda + \lambda P_{AI8}$	$s_8 (1 - P_{AI8})$
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{AI3}$	$s_2 P_{AI5}$	$s_2 \text{sec} (1 - P_{AI3})$					
λ_{I5}	$s_4 P_{AI3}$		$s_4 (1 - P_{AI3})$	$\lambda_{I n}$				
$\lambda_{\text{sec}6}$			$s_6 P_{AI5}$	$s_6 \text{sec} P_{AI5}$	$s_6 \text{sec} (1 - P_{AI5})$			
$\lambda_{\text{sec}7}$			$s_7 P_{AI5}$		$s_7 (1 - P_{AI5})$	$\lambda_{\text{sec}6}$		
λ_{I8}		$s_7 P_{AI5}$			$s_7 (1 - P_{AI5})$		$\lambda_{I n}$	

	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8
λ_4	$s_4 P_{AI3}$		$s_4 (1 - P_{AI3})$	λ				
λ_n	$-s_4 P_{AI3}$		$-s_4 (1 - P_{AI3}) + s_n P_{AI n}$	$-\lambda + \lambda P_{AI n}$	$s_4 (1 - P_{AI n})$			
λ_5			$-s_4 P_{AI n}$	$-P_{AI n}$	$-s_4 (1 - P_{AI n}) + s_5 P_{AI5}$	$s_4 (1 - P_{AI5})$		
λ_6					$-s_4 P_{AI5} + s_6 P_{AI5}$	$s_4 (1 - P_{AI5}) + s_6 (1 - P_{AI7})$	λ	
λ_7					$-s_6 P_{AI5} + s_7 P_{AI5}$	$-s_6 (1 - P_{AI5}) + s_7 (1 - P_{AI8})$	$-\lambda$	λ
λ_8					$-s_7 P_{AI5}$	$-s_7 (1 - P_{AI5}) + s_8 P_{AI5}$	$-\lambda + \lambda P_{AI8}$	$s_8 (1 - P_{AI8})$
$\lambda_{\text{sec}4}$	$s_2 P_{AI3}$	$s_2 P_{AI5}$	$s_2 \text{sec} (1 - P_{AI3})$					
$\lambda_{I n}$	$s_4 P_{AI3}$		$s_4 (1 - P_{AI3})$	$\lambda_{I n}$				
λ_{I5}			$s_4 P_{AI n}$	$s_4 P_{AI n}$	$s_4 (1 - P_{AI n})$			
$\lambda_{\text{sec}6}$					$s_6 P_{AI5}$	$s_6 \text{sec} (1 - P_{AI5})$		
$\lambda_{\text{sec}7}$					$s_7 P_{AI5}$	$s_7 (1 - P_{AI5})$	$\lambda_{\text{sec}6}$	
λ_{I8}					$s_7 P_{AI5}$	$s_7 (1 - P_{AI5})$		$\lambda_{I n}$

III.6.19. Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (IAR_n inserido imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{S/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_3 - \lambda_4)s_2P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}3}s_2L_1 + \lambda_{\text{I}3}rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5)rP_{\text{AI}4}L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)r(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_{\text{I}4}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{I}4}rP_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{I}4}rP_{\text{AI}3}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5P_{\text{AI}4}L_3 + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}4}L_3 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{\text{AI}4}L_3 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_5P_{\text{AI}4}L_3 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}L_5 + \lambda_7s_6P_{\text{AI}7}L_4 + \lambda_7rP_{\text{AI}7}L_6 + \lambda_7r(1 - P_{\text{AI}7})L_7 + \\ & + \lambda_{\text{I}7}s_6P_{\text{AI}4}L_3 + \lambda_{\text{I}7}s_6(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_{\text{I}7}rP_{\text{AI}7}L_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{C/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_3 - \lambda_n)s_2P_{\text{AI}3}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_n)rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_3 - \lambda_n)r(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + \\ & + \lambda_{\text{I}3}s_2L_1 + \lambda_{\text{I}3}rP_{\text{AI}3}L_2 + (\lambda_n - \lambda_4)rP_{\text{AI}n}L_3 + (\lambda_n - \lambda_4)r(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{In}}s_2P_{\text{AI}3}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{In}}rP_{\text{AI}3}L_2 + \lambda_{\text{In}}rP_{\text{AI}3}(1 - P_{\text{AI}3})L_3 + (\lambda_4 - \lambda_5)rP_{\text{AI}4}L_n + (\lambda_4 - \lambda_5)r(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \\ & + \lambda_{\text{I}4}rP_{\text{AI}n}L_3 + \lambda_{\text{I}4}rP_{\text{AI}n}(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5P_{\text{AI}4}L_n + \\ & + (\lambda_5 - \lambda_6)s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)rL_5 + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}4}L_n + \lambda_{\text{sec}5}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{\text{AI}4}L_n + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_5P_{\text{AI}4}L_n + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}s_5(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}L_5 + \lambda_7s_6P_{\text{AI}7}L_4 + \lambda_7rP_{\text{AI}7}L_6 + \lambda_7r(1 - P_{\text{AI}7})L_7 + \\ & + \lambda_{\text{I}7}s_6P_{\text{AI}4}L_n + \lambda_{\text{I}7}s_6(1 - P_{\text{AI}4})L_4 + \lambda_{\text{I}7}rP_{\text{AI}7}L_6 \end{aligned}$$



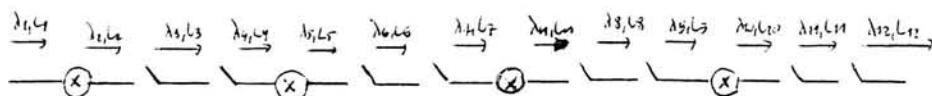
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	
λ ₃	j ₂ P _{AI3}	λ ₃ P _{AI3}	λ ₃ (1 - P _{AI3})					
λ ₄	-j ₂ P _{AI3}	-λ ₄ P _{AI3}	-λ ₄ (1 - P _{AI3}) + λ ₄ P _{AI4}	λ ₄ (1 - P _{AI4})				
λ ₅			-λ ₅ P _{AI4} + j ₅ P _{AI4}	-λ ₅ (1 - P _{AI4}) + j ₅ (1 - P _{AI4})	λ ₅			
λ ₆			-j ₅ P _{AI4} + j ₆ P _{AI4}	-j ₅ (1 - P _{AI4}) + j ₆ (1 - P _{AI4})	-λ ₆	λ ₆		
λ ₇			-j ₆ P _{AI4}	-j ₆ (1 - P _{AI4}) + j ₇ P _{AI7}		-λ ₇ + λ ₇ P _{AI7}	λ ₇ (1 - P _{AI7})	
λ _{TS}	j ₂	λ _{TS}						
λ _{ES}	j ₂ P _{AI3}	λ _{ES} P _{AI3}	λ _{ES} (1 - P _{AI3})					
λ _{sec5}			λ _{sec5} P _{AI4}	λ _{sec5} (1 - P _{AI4})				
λ _{sec6}			j ₅ P _{AI4}	j ₅ (1 - P _{AI4})	λ _{sec6}			
λ _{ST}			j ₆ P _{AI4}	j ₆ (1 - P _{AI4})		λ _{ST}		

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	
λ ₃	j ₂ P _{AI3}	λ ₃ P _{AI3}	λ ₃ (1 - P _{AI3})					
λ _n	-j ₂ P _{AI3}	-λ _n P _{AI3}	-λ _n (1 - P _{AI3}) + λ _n P _{AI4}	λ _n (1 - P _{AI4})				
λ ₄			-λ ₄ P _{AI4}	-λ ₄ (1 - P _{AI4}) + λ ₄ P _{AI4}	λ ₄ (1 - P _{AI4})			
λ ₅			-λ ₅ P _{AI4} + j ₅ P _{AI4}	-λ ₅ (1 - P _{AI4}) + j ₅ (1 - P _{AI4})	λ ₅			
λ ₆			-j ₅ P _{AI4} + j ₆ P _{AI4}	-j ₅ (1 - P _{AI4}) + j ₆ (1 - P _{AI4})	-λ ₆	λ ₆		
λ ₇			-j ₆ P _{AI4}	-j ₆ (1 - P _{AI4}) + j ₇ P _{AI7}		-λ ₇ + λ ₇ P _{AI7}	λ ₇ (1 - P _{AI7})	
λ _{TS}	j ₂	λ _{TS}						
λ _{ES}	j ₂ P _{AI3}	λ _{ES} P _{AI3}	λ _{ES} (1 - P _{AI3})					
λ _{ES}			λ _{ES} P _{AI4}	λ _{ES} (1 - P _{AI4})				
λ _{sec5}			λ _{sec5} P _{AI4}	λ _{sec5} (1 - P _{AI4})				
λ _{sec6}			j ₅ P _{AI4}	j ₅ (1 - P _{AI4})	λ _{sec6}			
λ _{ST}			j ₆ P _{AI4}	j ₆ (1 - P _{AI4})		λ _{ST}		

III.6.20. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante
(IARn inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não
imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{\text{AI}5} L_2 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{\text{AI}5} L_2 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 P_{\text{AI}5} L_2 + \\ & + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + (\lambda_8 - \lambda_9) r L_8 + \lambda_{\text{sec}8} s_7 P_{\text{AI}5} L_2 + \lambda_{\text{sec}8} s_7 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} L_7 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 P_{\text{AI}5} L_2 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) r L_9 + \\ & + \lambda_{\text{sec}9} s_8 P_{\text{AI}5} L_2 + \lambda_{\text{sec}9} s_8 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} L_8 + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) s_9 P_{\text{AI}10} L_5 + \\ & + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) r P_{\text{AI}10} L_9 + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) r (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + \lambda_{11} s_9 P_{\text{AI}5} L_2 + \\ & + \lambda_{11} s_9 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_{11} r_{\text{IAR}} L_9 + (\lambda_{11} - \lambda_{12}) s_{11} P_{\text{AI}10} L_5 + \\ & + (\lambda_{11} - \lambda_{12}) s_{11} (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + (\lambda_{11} - \lambda_{12}) r L_{11} + \lambda_{\text{sec}11} s_9 P_{\text{AI}10} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}11} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}10} L_9 + \lambda_{\text{sec}11} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + \lambda_{12} s_{12} P_{\text{AI}10} L_5 + \\ & + \lambda_{12} s_{12} (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + \lambda_{12} r L_{12} + \lambda_{\text{sec}12} s_{11} P_{\text{AI}10} L_5 + \lambda_{\text{sec}12} s_{11} (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + \\ & + \lambda_{\text{sec}12} r_{\text{sec}} L_{11} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_7 - \lambda_n) s_7 P_{\text{AI}5} L_2 + (\lambda_7 - \lambda_n) s_7 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_n) r L_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{\text{AI}5} L_2 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_n - \lambda_8) s_7 P_{\text{AI}n} L_5 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_8) r P_{\text{AI}n} L_7 + (\lambda_n - \lambda_8) r (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{\text{In}7} s_7 P_{\text{AI}5} L_2 + \lambda_{\text{In}7} s_7 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \\ & + \lambda_{\text{In}7} r_{\text{IAR}} L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 P_{\text{AI}n} L_5 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + (\lambda_8 - \lambda_9) r L_8 + \\ & + \lambda_{\text{sec}8} s_7 P_{\text{AI}n} L_5 + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}n} L_7 + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \\ & + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 P_{\text{AI}5} L_5 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + (\lambda_9 - \lambda_{10}) r L_9 + \lambda_{\text{sec}9} s_8 P_{\text{AI}n} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}9} s_8 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} L_8 + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) s_9 P_{\text{AI}10} L_n + \\ & + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) r P_{\text{AI}10} L_9 + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) r (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + \lambda_{11} s_9 P_{\text{AI}n} L_5 + \\ & + \lambda_{11} s_9 (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{11} r_{\text{IAR}} L_9 + (\lambda_{11} - \lambda_{12}) s_{11} P_{\text{AI}10} L_n + \\ & + (\lambda_{11} - \lambda_{12}) s_{11} (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + (\lambda_{11} - \lambda_{12}) r L_{11} + \lambda_{\text{sec}11} s_9 P_{\text{AI}10} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}11} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}10} L_9 + \lambda_{\text{sec}11} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + \lambda_{12} s_{12} P_{\text{AI}10} L_n + \\ & + \lambda_{12} s_{12} (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + \lambda_{12} r L_{12} + \lambda_{\text{sec}12} s_{11} P_{\text{AI}10} L_n + \lambda_{\text{sec}12} s_{11} (1 - P_{\text{AI}10}) L_{10} + \\ & + \lambda_{\text{sec}12} r_{\text{sec}} L_{11} \end{aligned}$$



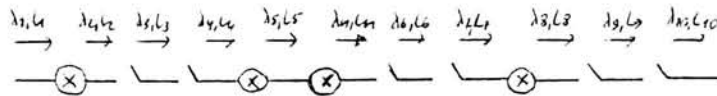
	L ₂	L ₅	L ₈	L ₁₁	L ₁₂					
λ ₁	s ₁ P _{AI5}	s ₁ (1 - P _{AI5})		λ						
λ ₈	-s ₇ P _{AI5} + s ₇ P _{AI5}	-s ₇ (1 - P _{AI5}) + s ₇ (1 - P _{AI5})		-λ	λ					
λ ₉	-s ₈ P _{AI5} + s ₈ P _{AI5}	-s ₈ (1 - P _{AI5}) + s ₈ (1 - P _{AI5})			-λ	λ				
λ ₁₀	-s ₉ P _{AI5}	-s ₉ (1 - P _{AI5}) + s ₉ P _{AI5}			λ P _{AI10}	-λ	λ (1 - P _{AI10})			
λ ₁₁		-s ₁₀ P _{AI10} + s ₁₀ P _{AI10}			-λ P _{AI10}		-λ (1 - P _{AI10}) + s ₁₁ (1 - P _{AI10})	λ		
λ ₁₂		s ₁₁ P _{AI10}					-s ₁₁ (1 - P _{AI10}) + s ₁₁ (1 - P _{AI10})	-λ	λ	
λ _{sec1}	s ₆ P _{AI5}	s ₆ (1 - P _{AI5})	λ _{sec}							
λ _{sec8}	s ₇ P _{AI5}	s ₇ (1 - P _{AI5})		λ _{sec}						
λ _{sec9}	s ₈ P _{AI5}	s ₈ (1 - P _{AI5})			λ _{sec}					
λ _{sec10}	s ₉ P _{AI5}	s ₉ (1 - P _{AI5})				λ _{sec}				
λ _{sec11}		s ₁₀ (P _{AI10})				λ _{sec} P _{AI10}	λ _{sec} (1 - P _{AI10})			
λ _{sec12}		s ₁₁ P _{AI10}					s ₁₁ (1 - P _{AI10})	λ _{sec}		

	L_2	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}
λ_2	$s_2 P_{AIS}$	$s_2 (1 - P_{AIS})$		λ					
λ_4	$-s_2 P_{AIS}$	$s_2 (P_{AIS} + s_2 P_{AI2})$		$-s_2 + s_2 P_{AI2}$	$s_2 (1 - P_{AI2})$				
λ_3		$-s_2 P_{AI2} + s_2 P_{AI5}$		$-s_2 P_{AI2}$	$-s_2 (1 - P_{AI2}) + s_2 (1 - P_{AI5})$	λ			
λ_5		$-s_2 P_{AI5} + s_2 P_{AIS}$			$-s_2 (1 - P_{AI5}) + s_2 (1 - P_{AIS})$	$-s_2$	λ		
λ_{10}		$-s_2 P_{AIS}$			$-s_2 (1 - P_{AIS}) + s_2 P_{AI10}$		$-s_2 + s_2 P_{AI10}$	$s_2 (1 - P_{AI10})$	
λ_{11}					$-s_2 P_{AI10} + s_2 P_{AI11}$		$-s_2 P_{AI10}$	$s_2 (1 - P_{AI10}) + s_2 (1 - P_{AI11})$	λ
λ_{12}					$-s_2 P_{AI11} + s_2 P_{AI12}$			$-s_2 (1 - P_{AI11})$	λ
λ_{sec7}	$s_2 P_{AIS}$	$s_2 (1 - P_{AIS})$	$s_2 P_{AI2}$						$s_2 (1 - P_{AIS})$
λ_{5n}	$s_2 P_{AIS}$	$s_2 (1 - P_{AIS})$		$s_2 P_{AI2}$					
λ_{sec6}		$s_2 P_{AI2}$		$s_2 P_{AI5}$	$s_2 (1 - P_{AI2})$				
λ_{sec9}		$s_2 P_{AI5}$			$s_2 (1 - P_{AI5})$	$s_2 P_{AI2}$			
λ_{10}		$s_2 P_{AI2}$			$s_2 (1 - P_{AI2})$		$s_2 P_{AI5}$		
λ_{sec11}		$s_2 P_{AI10}$					$s_2 P_{AI11}$	$s_2 (1 - P_{AI10})$	
λ_{sec12}					$s_2 P_{AI11}$			$s_2 (1 - P_{AI11})$	$s_2 P_{AI10}$

III.6.21. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (IARn inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned}
 \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{AI5} L_2 + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\
 & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI2} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{I5} r P_{AI2} L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_2 + \\
 & + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \lambda_{sec6} s_4 P_{AI5} L_2 + \lambda_{sec6} s_4 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\
 & + \lambda_{sec6} r_{sec} L_4 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI5} L_2 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \\
 & + \lambda_{sec7} s_6 P_{AI5} L_2 + \lambda_{sec7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{sec7} r_{sec} L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_7 P_{AI8} L_5 + \\
 & + (\lambda_8 - \lambda_9) r P_{AI8} L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{I8} s_7 P_{AI5} L_2 + \lambda_{I8} s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\
 & + \lambda_{I8} r P_{AI2} L_4 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 P_{AI8} L_5 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 (1 - P_{AI8}) L_8 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) r L_9 + \\
 & + \lambda_{sec9} s_7 P_{AI8} L_5 + \lambda_{sec9} r_{sec} P_{AI8} L_7 + \lambda_{sec9} r_{sec} (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{10} s_{10} P_{AI8} L_5 + \\
 & + \lambda_{10} s_{10} (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{10} r L_{10} + \lambda_{sec10} s_9 P_{AI8} L_5 + \lambda_{sec10} s_{11} (1 - P_{AI8}) L_8 + \\
 & + \lambda_{sec10} r_{sec} L_9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{END}_{c\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_n) s_4 P_{AI5} L_2 + (\lambda_5 - \lambda_n) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_n) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\
 & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI2} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{I5} r P_{AI2} L_4 + (\lambda_n - \lambda_6) r P_{AI5} L_5 + \\
 & + (\lambda_n - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_n + \lambda_{In} s_4 P_{AI5} L_2 + \lambda_{In} r P_{AI2} L_4 + \lambda_{In} r P_{AI5} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\
 & + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 P_{AI5} L_2 + (\lambda_6 - \lambda_7) s_6 (1 - P_{AI5}) L_n + (\lambda_6 - \lambda_7) r L_6 + \lambda_{sec6} r_{sec} P_{AI5} L_2 + \\
 & + \lambda_{sec6} r_{sec} (1 - P_{AI5}) L_n + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI5} L_2 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI5}) L_n + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \\
 & + \lambda_{sec7} s_6 P_{AI5} L_2 + \lambda_{sec7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_n + \lambda_{sec7} r_{sec} L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_7 P_{AI8} L_n + \\
 & + (\lambda_8 - \lambda_9) r P_{AI8} L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{I8} s_7 P_{AI5} L_2 + \lambda_{I8} s_7 (1 - P_{AI5}) L_n + \\
 & + \lambda_{I8} r P_{AI2} L_4 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 P_{AI8} L_n + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 (1 - P_{AI8}) L_8 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) r L_9 + \\
 & + \lambda_{sec9} s_7 P_{AI8} L_n + \lambda_{sec9} r_{sec} P_{AI8} L_7 + \lambda_{sec9} r_{sec} (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{10} s_{10} P_{AI8} L_n + \\
 & + \lambda_{10} s_{10} (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{10} r L_{10} + \lambda_{sec10} s_9 P_{AI8} L_n + \lambda_{sec10} s_{11} (1 - P_{AI8}) L_8 + \\
 & + \lambda_{sec10} r_{sec} L_9
 \end{aligned}$$



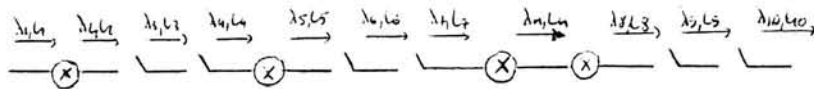
	L_1	L_2	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}
λ_1		$j_4 p_{125}$	λp_{155}	$\lambda(1-p_{155})$					
λ_6		$-j_4 p_{125} + j_6 p_{155}$	$-\lambda p_{155}$	$-\lambda(1-p_{155}) + j_6(1-p_{155})$	λ				
λ_4		$-j_4 p_{125} + j_4 p_{155}$		$-\lambda(1-p_{155}) + j_4(1-p_{155})$	$-\lambda$				
λ_3		$-j_4 p_{125}$		$-j_4(1-p_{155}) + j_4 p_{155}$		$-\lambda$	$\lambda(1-p_{155})$		
λ_9				$-j_4 p_{155} + j_5 p_{155}$		λp_{155}	$-\lambda(1-p_{155}) + j_5(1-p_{155})$	λ	
λ_{10}				$-j_5 p_{155} + j_{10} p_{155}$			$-j_5(1-p_{155}) + j_{10}(1-p_{155})$	$-\lambda$	λ
λ_{15}	$j_4 p_{125}$	$j_4(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$						
λ_{125}		$j_4 p_{125}$	$j_4(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$					
λ_{155}		$j_4 p_{125}$		$j_4(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$				
λ_{12}		$j_4 p_{125}$		$j_4(1-p_{155})$		$j_{10} p_{155}$			
λ_{15}		$j_4 p_{125}$		$j_4(1-p_{155})$		$j_{10} p_{155}$			
λ_{10}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	
λ_{15}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	
λ_{10}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	
λ_{15}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	
λ_{10}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	

	L_1	L_2	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}
λ_5		$j_4 p_{125}$	$j_4 p_{155}$	$\lambda(1-p_{155})$					
λ_6		$-j_4 p_{125}$	$-j_4 p_{155}$	$-\lambda(1-p_{155}) + j_6(1-p_{155})$	λ				
λ_4				$-\lambda(1-p_{155}) + j_4(1-p_{155})$	$-\lambda$				
λ_3				$-j_4(1-p_{155}) + j_4 p_{155}$		$-\lambda$	$\lambda(1-p_{155})$		
λ_9				$-j_4 p_{155} + j_5 p_{155}$		λp_{155}	$-\lambda(1-p_{155}) + j_5(1-p_{155})$	λ	
λ_{10}				$-j_5 p_{155} + j_{10} p_{155}$			$-j_5(1-p_{155}) + j_{10}(1-p_{155})$	$-\lambda$	λ
λ_{15}	$j_4 p_{125}$	$j_4(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$						
λ_{125}		$j_4 p_{125}$	$j_4(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$					
λ_{155}		$j_4 p_{125}$		$j_4(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$				
λ_{12}		$j_4 p_{125}$		$j_4(1-p_{155})$		$j_{10} p_{155}$			
λ_{15}		$j_4 p_{125}$		$j_4(1-p_{155})$		$j_{10} p_{155}$			
λ_{10}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	
λ_{15}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	
λ_{10}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	
λ_{15}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	
λ_{10}				$j_5 p_{155}$			$j_{10}(1-p_{155})$	$j_{10} p_{155}$	

III.6.22. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR_n inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{\text{AI}5} L_2 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{\text{AI}5} L_2 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_7 P_{\text{AI}8} L_5 + \\ & + (\lambda_8 - \lambda_9) r P_{\text{AI}8} L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \lambda_{\text{I}8} s_7 P_{\text{AI}5} L_2 + \lambda_{\text{I}8} s_7 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \\ & + \lambda_{\text{I}8} r_{\text{IAR}} L_7 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 P_{\text{AI}8} L_5 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) r L_9 + \\ & + \lambda_{\text{sec}9} s_7 P_{\text{AI}8} L_5 + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}8} L_7 + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \\ & + \lambda_{10} s_{10} P_{\text{AI}8} L_5 + \lambda_{10} s_{10} (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \lambda_{10} r L_{10} + \lambda_{\text{sec}10} s_9 P_{\text{AI}8} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}10} s_9 (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \lambda_{\text{sec}10} r_{\text{sec}} L_9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_7 - \lambda_n) s_7 P_{\text{AI}5} L_2 + (\lambda_7 - \lambda_n) s_7 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_n) r L_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{\text{AI}5} L_2 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_n - \lambda_8) s_7 P_{\text{AI}n} L_5 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_8) r P_{\text{AI}n} L_7 + (\lambda_n - \lambda_8) r (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + \lambda_{\text{I}n} s_7 P_{\text{AI}5} L_2 + \lambda_{\text{I}n} s_7 (1 - P_{\text{AI}5}) L_5 + \\ & + \lambda_{\text{I}n} r_{\text{IAR}} L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r P_{\text{AI}8} L_n + (\lambda_8 - \lambda_9) r (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \lambda_{\text{I}8} s_7 P_{\text{AI}n} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{I}8} r_{\text{IAR}} P_{\text{AI}n} L_7 + \lambda_{\text{I}8} r_{\text{IAR}} (1 - P_{\text{AI}n}) L_n + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 P_{\text{AI}8} L_n + \\ & + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) r L_9 + \lambda_{\text{sec}9} s_7 P_{\text{AI}8} L_n + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} P_{\text{AI}8} L_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \lambda_{10} s_{10} P_{\text{AI}8} L_n + \lambda_{10} s_{10} (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \lambda_{10} r L_{10} + \\ & + \lambda_{\text{sec}10} s_9 P_{\text{AI}8} L_n + \lambda_{\text{sec}10} s_9 (1 - P_{\text{AI}8}) L_8 + \lambda_{\text{sec}10} r_{\text{sec}} L_9 \end{aligned}$$



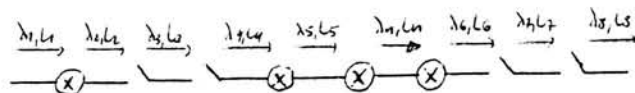
	L ₂	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀
λ ₁	s ₂ P _{AI5}	s ₂ (1 - P _{AI5})		λ			
λ ₄	-s ₂ P _{AI5}	-s ₂ (1 - P _{AI5}) + s ₂ P _{AI8}		-λ + λ P _{AI8}	λ (1 - P _{AI5})		
λ ₅		-s ₂ P _{AI8} + s ₂ P _{AI9}		-λ P _{AI8}	-λ (1 - P _{AI5}) + s ₂ (1 - P _{AI8})	λ	
λ ₆		-s ₂ P _{AI9} + s ₂ P _{AI10}			-s ₂ (1 - P _{AI8}) + s ₂ (1 - P _{AI9})	-λ	λ
λ _{sec1}	s ₆ P _{AI5}	s ₆ (1 - P _{AI5})	λ _{sec1}				
λ _{sec8}	s ₂ P _{AI5}	s ₂ (1 - P _{AI5})		λ _{sec1}			
λ _{sec9}		s ₂ P _{AI8}		λ _{sec1} P _{AI8}	λ _{sec1} (1 - P _{AI8})		
λ _{sec10}		s ₂ P _{AI9}			s ₂ (1 - P _{AI8})	λ _{sec1}	

	L ₂	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀
λ ₁	s ₂ P _{AI5}	s ₂ (1 - P _{AI5})		λ			
λ ₄	-s ₂ P _{AI5}	-s ₂ (1 - P _{AI5}) + s ₂ P _{AI8}		-λ + λ P _{AI8}	λ (1 - P _{AI5})		
λ ₅		-s ₂ P _{AI8}		-λ P _{AI8}	-λ (1 - P _{AI5}) + λ P _{AI8}	λ (1 - P _{AI5})	
λ ₆					-λ P _{AI8} + s ₂ P _{AI8}	-λ (1 - P _{AI5}) + s ₂ (1 - P _{AI8})	λ
λ ₁₀					-s ₂ P _{AI8} + s ₂ P _{AI9}	-s ₂ (1 - P _{AI8}) + s ₂ (1 - P _{AI9})	-λ
λ _{sec1}	s ₆ P _{AI5}	s ₆ (1 - P _{AI5})	λ _{sec1}				
λ _{sec8}	s ₂ P _{AI5}	s ₂ (1 - P _{AI5})		λ _{sec1}			
λ _{sec9}		s ₂ P _{AI8}		λ _{sec1} P _{AI8}	λ _{sec1} (1 - P _{AI8})		
λ _{sec10}		s ₂ P _{AI9}		s ₂ P _{AI8}	s ₂ (1 - P _{AI8})	λ _{sec1}	

III.6.23. Rede com mais que um IAR a montante e um IAR a jusante
(IAR_n inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e
imediatamente a montante do IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{AI5} L_2 + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI2} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{AI6} L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{I6} s_4 P_{AI5} L_2 + \lambda_{I6} r_{IAR} P_{AI5} L_4 + \lambda_{I6} r_{IAR} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI6} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} P_{AI6} L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_8 s_8 P_{AI6} L_5 + \lambda_8 s_8 (1 - P_{AI6}) L_6 + \\ & + \lambda_8 r L_8 + \lambda_{\text{sec}8} s_7 P_{AI6} L_5 + \lambda_{\text{sec}8} s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} L_7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_n) s_4 P_{AI5} L_2 + (\lambda_5 - \lambda_n) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_n) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI2} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{I5} r_{IAR} L_4 + (\lambda_n - \lambda_6) r P_{AI_n} L_5 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_6) r (1 - P_{AI_n}) L_6 + \lambda_{I_n} s_4 P_{AI5} L_2 + \lambda_{I_n} r_{IAR} P_{AI5} L_4 + \lambda_{I_n} r_{IAR} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{AI6} L_n + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{I6} r_{IAR} P_{AI_n} L_5 + \\ & + \lambda_{I6} r_{IAR} (1 - P_{AI_n}) L_n + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI6} L_n + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} P_{AI6} L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_8 s_8 P_{AI6} L_n + \\ & + \lambda_8 s_8 (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_8 r L_8 + \lambda_{\text{sec}8} s_7 P_{AI6} L_n + \lambda_{\text{sec}8} s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + \\ & + \lambda_{\text{sec}8} r_{\text{sec}} L_7 \end{aligned}$$



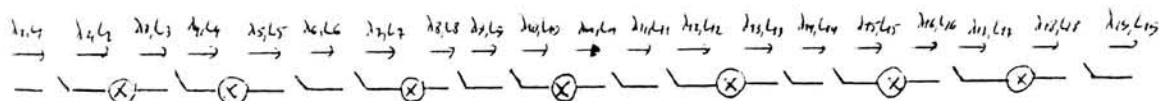
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
λ ₅		s ₄ p _{AI5}	r p _{AI5}	λ (1 - p _{AI5})				
λ ₆		-s ₄ p _{AI5}	-r p _{AI5}	-λ (1 - p _{AI5}) + λ p _{AI6}	λ (1 - p _{AI6})			
λ ₇				-r p _{AI6} + s ₇ p _{AI6}	-λ (1 - p _{AI6}) + s ₇ (1 - p _{AI6})	λ		
λ ₈				-s ₇ p _{AI6} + s ₈ p _{AI6}	-λ (1 - p _{AI6}) + s ₇ (1 - p _{AI6})	-λ	λ	
λ _{I5}	s ₄ p _{AI2}	s ₄ (1 - p _{AI2})	λ _{IAR}					
λ _{I6}		s ₄ p _{AI5}	λ _{IAR} p _{AI5}	λ _{IAR} (1 - p _{AI5})				
λ _{sec7}				λ _{sec} p _{AI6}	λ _{sec} (1 - p _{AI6})			
λ _{sec8}				s ₇ p _{AI6}	s ₇ (1 - p _{AI6})	λ _{sec}		

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
λ ₅		s ₄ p _{AI5}	r p _{AI5}	λ (1 - p _{AI5})				
λ _n		-s ₄ p _{AI5}	-r p _{AI5}	-λ (1 - p _{AI5}) + λ p _{AI_n}	λ (1 - p _{AI_n})			
λ ₆				-r p _{AI_n}	-λ (1 - p _{AI_n}) + r p _{AI6}	λ (1 - p _{AI6})		
λ ₇					-λ p _{AI6} + s ₇ p _{AI6}	-λ (1 - p _{AI6}) + s ₇ (1 - p _{AI6})	λ	
λ ₈					-s ₇ p _{AI6} + s ₈ p _{AI6}	-λ (1 - p _{AI6}) + s ₇ (1 - p _{AI6})	-λ	λ
λ _{I5}	s ₄ p _{AI2}	s ₄ (1 - p _{AI2})	λ _{IAR}					
λ _{I_n}		s ₄ p _{AI5}	λ _{IAR} p _{AI5}	λ _{IAR} (1 - p _{AI5})				
λ _{I6}				λ _{IAR} p _{AI_n}	λ _{IAR} (1 - p _{AI_n})			
λ _{sec7}				λ _{sec} p _{AI6}	λ _{sec} (1 - p _{AI6})			
λ _{sec8}				s ₇ p _{AI6}	s ₇ (1 - p _{AI6})	λ _{sec}		

III.6.24. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IAR_n inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_{10}-\lambda_{11})s_{10}P_{\text{AI}8}L_5 + (\lambda_{10}-\lambda_{11})s_{10}(1-P_{\text{AI}8})L_8 + \\ & + (\lambda_{10}-\lambda_{11})rL_{10} + \lambda_{\text{sec}10}s_9P_{\text{AI}8}L_5 + \lambda_{\text{sec}10}s_9(1-P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{\text{sec}10}r_{\text{sec}}L_9 + \\ & + (\lambda_{11}-\lambda_{12})s_{11}P_{\text{AI}8}L_5 + (\lambda_{11}-\lambda_{12})s_{11}(1-P_{\text{AI}8})L_8 + (\lambda_{11}-\lambda_{12})rL_{11} + \\ & + \lambda_{\text{sec}11}s_{10}P_{\text{AI}8}L_5 + \lambda_{\text{sec}11}s_{10}(1-P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{\text{sec}11}r_{\text{sec}}L_{10} + \\ & + (\lambda_{12}-\lambda_{13})s_{12}P_{\text{AI}8}L_5 + (\lambda_{12}-\lambda_{13})s_{12}(1-P_{\text{AI}8})L_8 + (\lambda_{12}-\lambda_{13})rL_{12} + \\ & + \lambda_{\text{sec}12}s_{11}P_{\text{AI}8}L_5 + \lambda_{\text{sec}12}s_{11}(1-P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{\text{sec}12}r_{\text{sec}}L_{11} + \\ & + (\lambda_{13}-\lambda_{14})s_{12}P_{\text{AI}13}L_8 + (\lambda_{13}-\lambda_{14})rP_{\text{AI}13}L_{12} + (\lambda_{13}-\lambda_{14})r(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + \\ & + \lambda_{\text{I}13}s_{12}P_{\text{AI}8}L_5 + \lambda_{\text{I}13}s_{12}(1-P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{\text{I}13}\pi_{\text{IAR}}L_{12} + (\lambda_{14}-\lambda_{15})s_{14}P_{\text{AI}13}L_8 + \\ & + (\lambda_{14}-\lambda_{15})s_{14}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + (\lambda_{14}-\lambda_{15})rL_{14} + \lambda_{\text{sec}14}s_{12}P_{\text{AI}13}L_8 + \\ & + \lambda_{\text{sec}14}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}13}L_{12} + \lambda_{\text{sec}14}r_{\text{sec}}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + (\lambda_{15}-\lambda_{16})s_{15}P_{\text{AI}13}L_8 + \\ & + (\lambda_{15}-\lambda_{16})s_{15}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + (\lambda_{15}-\lambda_{16})rL_{15} + \lambda_{\text{sec}15}s_{14}P_{\text{AI}13}L_8 + \\ & + \lambda_{\text{sec}15}s_{14}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + \lambda_{\text{sec}15}r_{\text{sec}}L_{14} + (\lambda_{16}-\lambda_{17})s_{15}P_{\text{AI}16}L_{13} + \\ & + (\lambda_{16}-\lambda_{17})rP_{\text{AI}16}L_{15} + (\lambda_{16}-\lambda_{17})r(1-P_{\text{AI}16})L_{16} + \lambda_{\text{I}16}s_{15}P_{\text{AI}13}L_8 + \\ & + \lambda_{\text{I}16}s_{15}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + \lambda_{\text{I}16}\pi_{\text{IAR}}L_{15} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_{10}-\lambda_n)s_{10}P_{\text{AI}8}L_5 + (\lambda_{10}-\lambda_n)s_{10}(1-P_{\text{AI}8})L_8 + \\ & + (\lambda_{10}-\lambda_n)rL_{10} + \lambda_{\text{sec}10}s_9P_{\text{AI}8}L_5 + \lambda_{\text{sec}10}s_9(1-P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{\text{sec}10}r_{\text{sec}}L_9 + \\ & + (\lambda_n-\lambda_{11})s_{10}P_{\text{AI}n}L_8 + (\lambda_n-\lambda_{11})rP_{\text{AI}n}L_{10} + (\lambda_n-\lambda_{11})r(1-P_{\text{AI}n})L_n + \\ & + \lambda_{\text{I}n}s_{10}P_{\text{AI}8}L_5 + \lambda_{\text{I}n}s_{10}(1-P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{\text{I}n}\pi_{\text{IAR}}L_{10} + (\lambda_{11}-\lambda_{12})s_{11}P_{\text{AI}n}L_8 + \\ & + (\lambda_{11}-\lambda_{12})s_{11}(1-P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_{11}-\lambda_{12})rL_{11} + \lambda_{\text{sec}11}s_{10}P_{\text{AI}n}L_8 + \\ & + \lambda_{\text{sec}11}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}n}L_{10} + \lambda_{\text{sec}11}r_{\text{sec}}(1-P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_{12}-\lambda_{13})s_{12}P_{\text{AI}n}L_8 + \\ & + (\lambda_{12}-\lambda_{13})s_{12}(1-P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_{12}-\lambda_{13})rL_{12} + \lambda_{\text{sec}12}s_{11}P_{\text{AI}n}L_8 + \\ & + \lambda_{\text{sec}12}s_{11}(1-P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{sec}12}r_{\text{sec}}L_{11} + (\lambda_{13}-\lambda_{14})s_{12}P_{\text{AI}13}L_n + \\ & + (\lambda_{13}-\lambda_{14})rP_{\text{AI}13}L_{12} + (\lambda_{13}-\lambda_{14})r(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + \lambda_{\text{I}13}s_{12}P_{\text{AI}n}L_8 + \\ & + \lambda_{\text{I}13}s_{12}(1-P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{I}13}\pi_{\text{IAR}}L_{12} + (\lambda_{14}-\lambda_{15})s_{14}P_{\text{AI}13}L_n + \\ & + (\lambda_{14}-\lambda_{15})s_{14}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + (\lambda_{14}-\lambda_{15})rL_{14} + \lambda_{\text{sec}14}s_{12}P_{\text{AI}13}L_n + \\ & + \lambda_{\text{sec}14}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}13}L_{12} + \lambda_{\text{sec}14}r_{\text{sec}}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + (\lambda_{15}-\lambda_{16})s_{15}P_{\text{AI}13}L_n + \\ & + (\lambda_{15}-\lambda_{16})s_{15}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + (\lambda_{15}-\lambda_{16})rL_{15} + \lambda_{\text{sec}15}s_{14}P_{\text{AI}13}L_n + \\ & + \lambda_{\text{sec}15}s_{14}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + \lambda_{\text{sec}15}r_{\text{sec}}L_{14} + (\lambda_{16}-\lambda_{17})s_{15}P_{\text{AI}16}L_{13} + \\ & + (\lambda_{16}-\lambda_{17})rP_{\text{AI}16}L_{15} + (\lambda_{16}-\lambda_{17})r(1-P_{\text{AI}16})L_{16} + \lambda_{\text{I}16}s_{15}P_{\text{AI}13}L_n + \\ & + \lambda_{\text{I}16}s_{15}(1-P_{\text{AI}13})L_{13} + \lambda_{\text{I}16}\pi_{\text{IAR}}L_{15} \end{aligned}$$



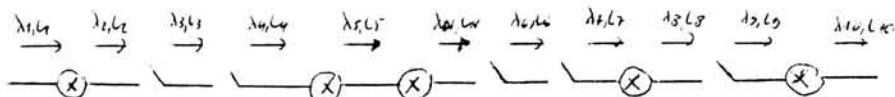
	L5	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
λ_{10}	$S_{10} P_{1053}$	$S_{10}(1-P_{1053})$		λ						
λ_{11}	$-S_{10} P_{1053} + S_{10} P_{1053}$	$-S_{10}(1-P_{1053}) + S_{10}(1-P_{1053})$		$-\lambda$	λ					
λ_{12}	$-S_{11} P_{1053} + S_{11} P_{1053}$	$-S_{11}(1-P_{1053}) + S_{11}(1-P_{1053})$			$-\lambda$	λ				
λ_{13}	$-S_{12} P_{1053}$	$-S_{12}(1-P_{1053}) + S_{12} P_{1053}$				$-\lambda + \lambda P_{1053}$	$\lambda(1-P_{1053})$			
λ_{14}		$-S_{12} P_{1053} + S_{12} P_{1053}$				$-\lambda P_{1053}$	$S_{14}(1-P_{1053})$	λ		
λ_{15}		$-S_{14} P_{1053} + S_{15} P_{1053}$					$+S_{15}(1-P_{1053})$		$\lambda(1-P_{1053})$	
λ_{16}		$-S_{15} P_{1053}$					$-S_{15}(1-P_{1053}) + S_{15} P_{1053}$		λP_{1053}	
λ_{17}										$\lambda(1-P_{1053})$
λ_{10EC}	$S_{10} P_{1053}$	$S_{10}(1-P_{1053})$	λ_{10EC}							
λ_{10EC}	$S_{10} P_{1053}$	$S_{10}(1-P_{1053})$	S_{10}	λ_{10EC}						
λ_{10EC}	$S_{11} P_{1053}$	$S_{11}(1-P_{1053})$			λ_{10EC}					
λ_{12EC}	$S_{12} P_{1053}$	$S_{12}(1-P_{1053})$				$\lambda_{12} L_{12}$				
λ_{12EC}	$\lambda_{12EC}(1-P_{1053})$	$S_{12} P_{1053}$				$\lambda_{12EC} P_{1053}$	λ_{12EC}			
λ_{15EC}		$S_{14} P_{1053}$					$S_{14}(1-P_{1053})$	λ_{15EC}		
λ_{16EC}		$S_{15} P_{1053}$					$S_{15}(1-P_{1053})$			

	L5	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
λ_{10}	$S_{10} P_{1053}$	$S_{10}(1-P_{1053})$		λ						
λ_{11}	$-S_{10} P_{1053}$	$-S_{10}(1-P_{1053}) + S_{10} P_{1053}$		$-\lambda + \lambda P_{1053}$	$\lambda(1-P_{1053})$					
λ_{12}	$-S_{11} P_{1053} + S_{11} P_{1053}$	$-S_{11}(1-P_{1053}) + S_{11}(1-P_{1053})$		$-\lambda(1-P_{1053}) + S_{11}(1-P_{1053})$	λ					
λ_{13}	$-S_{12} P_{1053}$	$-S_{12}(1-P_{1053}) + S_{12} P_{1053}$		$-S_{12}(1-P_{1053})$	$-\lambda$	λ				
λ_{14}		$-S_{12} P_{1053} + S_{12} P_{1053}$		$-S_{12}(1-P_{1053}) + S_{12} P_{1053}$	$-\lambda P_{1053}$	$-\lambda(1-P_{1053}) + S_{14}(1-P_{1053})$	λ			
λ_{15}		$-S_{14} P_{1053} + S_{15} P_{1053}$		$-S_{14} P_{1053} + S_{15} P_{1053}$		$-S_{14}(1-P_{1053})$	$-\lambda$	λ		
λ_{16}		$-S_{15} P_{1053}$		$-S_{15} P_{1053}$		$S_{15} P_{1053}$	$S_{15}(1-P_{1053})$	$-\lambda + \lambda P_{1053}$	$\lambda(1-P_{1053})$	
λ_{17}						$-S_{15} P_{1053}$	$-S_{15} P_{1053}$	$-\lambda P_{1053}$	$\lambda(1-P_{1053})$	
λ_{10EC}	$S_{10} P_{1053}$	$S_{10}(1-P_{1053})$	λ_{10EC}							
λ_{10EC}	$S_{10} P_{1053}$	$S_{10}(1-P_{1053})$		λ_{10EC}						
λ_{10EC}		$S_{10} P_{1053}$	$\lambda_{10EC} P_{1053}$	$\lambda_{10EC}(1-P_{1053})$						
λ_{12EC}		$S_{12} P_{1053}$		$S_{12}(1-P_{1053})$	λ_{12EC}					
λ_{12EC}		$S_{12} P_{1053}$		$S_{12}(1-P_{1053})$		λ_{12EC}				
λ_{15EC}				$S_{14} P_{1053}$	$\lambda_{15EC} P_{1053}$					
λ_{15EC}				$S_{14} P_{1053}$		$S_{14}(1-P_{1053})$	λ_{15EC}			
λ_{16EC}				$S_{15} P_{1053}$		$S_{15}(1-P_{1053})$				

III.6.25. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IAR_n inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_6)s_4P_{\text{AI}5}L_2 + (\lambda_5 - \lambda_6)rP_{\text{AI}5}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \\ & + \lambda_5s_6P_{\text{AI}5}L_2 + \lambda_5(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{\text{AI}5}L_2 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}s_4P_{\text{AI}5}L_2 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}3}L_4 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7P_{\text{AI}5}L_2 + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8)rL_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7}s_6P_{\text{AI}5}L_2 + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9)s_7P_{\text{AI}8}L_5 + \\ & + (\lambda_8 - \lambda_9)rP_{\text{AI}8}L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9)r(1 - P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{\text{I}8}s_7P_{\text{AI}5}L_2 + \lambda_{\text{I}8}s_7(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \\ & + \lambda_{\text{I}8}r_{\text{IAR}}L_7 + (\lambda_9 - \lambda_{10})s_9P_{\text{AI}8}L_5 + (\lambda_9 - \lambda_{10})s_9(1 - P_{\text{AI}8})L_8 + (\lambda_9 - \lambda_{10})rL_9 + \\ & + \lambda_{\text{sec}9}s_7P_{\text{AI}8}L_5 + \lambda_{\text{sec}9}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}8}L_7 + \lambda_{\text{sec}9}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{10}s_9P_{\text{AI}10}L_8 + \\ & + \lambda_{10}rP_{\text{AI}10}L_9 + \lambda_{10}r(1 - P_{\text{AI}10})L_{10} + \lambda_{11}s_9P_{\text{AI}8}L_5 + \lambda_{11}s_9(1 - P_{\text{AI}8})L_8 + \\ & + \lambda_{11}r_{\text{IAR}}L_9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_n)s_4P_{\text{AI}5}L_2 + (\lambda_5 - \lambda_n)rP_{\text{AI}5}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_n)r(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7}s_6P_{\text{AI}5}L_2 + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 + (\lambda_n - \lambda_6)rP_{\text{AI}n}L_5 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_6)r(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{I}n}s_4P_{\text{AI}5}L_2 + \lambda_{\text{I}n}rP_{\text{AI}5}L_4 + \lambda_{\text{I}n}r_{\text{IAR}}(1 - P_{\text{AI}5})L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{\text{AI}n}L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}n}L_5 + \\ & + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7P_{\text{AI}n}L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7(1 - P_{\text{AI}n})L_n + (\lambda_7 - \lambda_8)rL_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7}s_6P_{\text{AI}n}L_5 + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9)s_7P_{\text{AI}8}L_n + \\ & + (\lambda_8 - \lambda_9)rP_{\text{AI}8}L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9)r(1 - P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{\text{I}8}s_7P_{\text{AI}n}L_5 + \lambda_{\text{I}8}s_7(1 - P_{\text{AI}n})L_n + \\ & + \lambda_{\text{I}8}r_{\text{IAR}}L_7 + (\lambda_9 - \lambda_{10})s_9P_{\text{AI}8}L_n + (\lambda_9 - \lambda_{10})s_9(1 - P_{\text{AI}8})L_8 + (\lambda_9 - \lambda_{10})rL_9 + \\ & + \lambda_{\text{sec}9}s_7P_{\text{AI}8}L_n + \lambda_{\text{sec}9}r_{\text{sec}}P_{\text{AI}8}L_7 + \lambda_{\text{sec}9}r_{\text{sec}}(1 - P_{\text{AI}8})L_8 + \lambda_{10}s_9P_{\text{AI}10}L_8 + \\ & + \lambda_{10}rP_{\text{AI}10}L_9 + \lambda_{10}r(1 - P_{\text{AI}10})L_{10} + \lambda_{11}s_9P_{\text{AI}8}L_n + \lambda_{11}s_9(1 - P_{\text{AI}8})L_8 + \\ & + \lambda_{11}r_{\text{IAR}}L_9 \end{aligned}$$



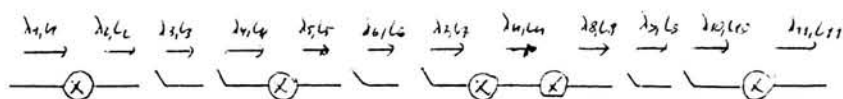
	L_2	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}
λ_5	$s_4 p_{455}$	λp_{455}	$\lambda(1-p_{455})$					
λ_6	$-s_4 p_{455} + s_5 p_{455}$	$-\lambda p_{455}$	$-\lambda(1-p_{455}) + \lambda(1-p_{457})$	λ				
λ_7	$-s_6 p_{455} + s_7 p_{455}$		$-\lambda(1-p_{455}) + \lambda(1-p_{457})$	$-\lambda$	λ			
λ_8	$-s_7 p_{455}$		$-s_7(1-p_{455}) + s_8 p_{455}$		$-\lambda + \lambda p_{457}$	$\lambda(1-p_{457})$		
λ_9			$-s_8 p_{457} + s_9 p_{457}$		$-\lambda p_{457}$	$-\lambda(1-p_{457}) + s_9(1-p_{457})$	λ	
λ_{10}			$-s_9 p_{457}$			$-s_9(1-p_{457}) + s_{10} p_{457}$	$-\lambda + \lambda p_{457}$	$\lambda(1-p_{457})$
λ_{25}	$s_4 p_{455}$	$\lambda_{25}(1-p_{455})$						
λ_{26}	$s_4 p_{455}$	$\lambda_{26} p_{455}$	$\lambda_{26}(1-p_{455})$					
λ_{27}	$s_6 p_{455}$		$s_6(1-p_{455})$	λ_{26}				
λ_{28}	$s_7 p_{455}$		$s_7(1-p_{455})$		λ_{27}			
λ_{29}			$s_7 p_{457}$		$\lambda_{28} p_{457}$	$\lambda_{28}(1-p_{457})$		
λ_{30}			$s_9 p_{457}$			$s_9(1-p_{457})$	λ_{29}	

	L_2	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}
λ_5	$s_4 p_{455}$	λp_{455}	$\lambda(1-p_{455})$					
λ_6	$-s_4 p_{455}$	$-\lambda p_{455}$	$-\lambda(1-p_{455}) + \lambda_{26}(1-p_{455})$	λ				
λ_7			$-s_6 p_{455} + s_7 p_{455}$	$-\lambda$	λ			
λ_8			$-s_7(1-p_{455}) + s_8 p_{455}$		$-\lambda + \lambda p_{457}$	$\lambda(1-p_{457})$		
λ_9			$-s_8 p_{457} + s_9 p_{457}$		$-\lambda p_{457}$	$-\lambda(1-p_{457}) + s_9(1-p_{457})$	λ	
λ_{10}			$-s_9 p_{457}$			$-s_9(1-p_{457}) + s_{10} p_{457}$	$-\lambda + \lambda p_{457}$	$\lambda(1-p_{457})$
λ_{25}	$s_4 p_{455}$	$\lambda_{25}(1-p_{455})$						
λ_{26}	$s_4 p_{455}$	$\lambda_{26} p_{455}$	$\lambda_{26}(1-p_{455})$					
λ_{27}			$s_6 p_{455}$	$\lambda_{26}(1-p_{455})$				
λ_{28}			$s_7 p_{455}$	$s_7(1-p_{455})$	λ_{27}			
λ_{29}			$s_7 p_{457}$		$\lambda_{28} p_{457}$	$\lambda_{28}(1-p_{457})$		
λ_{30}			$s_9 p_{457}$			$s_9(1-p_{457})$	λ_{29}	

III.6.26. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IARn inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI5} L_2 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{AI5} L_2 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_7 P_{AI8} L_5 + \\ & + (\lambda_8 - \lambda_9) r P_{AI8} L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{I8} s_7 P_{AI5} L_2 + \lambda_{I8} s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I8} r_{IAR} L_7 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 P_{AI8} L_5 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 (1 - P_{AI8}) L_8 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) r L_9 + \\ & + \lambda_{\text{sec}9} s_7 P_{AI8} L_5 + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} P_{AI8} L_7 + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI8}) L_8 + \\ & + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) s_{10} P_{AI8} L_5 + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) s_{10} (1 - P_{AI8}) L_8 + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) r L_{10} + \\ & + \lambda_{\text{sec}10} s_9 P_{AI8} L_5 + \lambda_{\text{sec}10} s_9 (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{\text{sec}10} r_{\text{sec}} L_9 + \lambda_{11} s_{10} P_{AI11} L_8 + \\ & + \lambda_{11} r P_{AI11} L_{10} + \lambda_{11} r (1 - P_{AI11}) L_{11} + \lambda_{I11} s_{10} P_{AI8} L_5 + \lambda_{I11} s_{10} (1 - P_{AI8}) L_8 + \\ & + \lambda_{I11} r_{IAR} L_{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_7 - \lambda_n) s_7 P_{AI5} L_2 + (\lambda_7 - \lambda_n) s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + (\lambda_7 - \lambda_n) r L_7 + \\ & + \lambda_{\text{sec}7} s_6 P_{AI5} L_2 + \lambda_{\text{sec}7} s_6 (1 - P_{AI5}) L_5 + \lambda_{\text{sec}7} r_{\text{sec}} L_6 + (\lambda_n - \lambda_8) s_7 P_{AI n} L_5 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_8) r P_{AI n} L_7 + (\lambda_n - \lambda_8) r (1 - P_{AI n}) L_n + \lambda_{I n} s_7 P_{AI5} L_2 + \lambda_{I n} s_7 (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I n} r_{IAR} L_7 + (\lambda_8 - \lambda_9) r P_{AI8} L_n + (\lambda_8 - \lambda_9) r (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{I8} s_7 P_{AI n} L_5 + \\ & + \lambda_{I8} r_{IAR} P_{AI n} L_7 + \lambda_{I8} r_{IAR} (1 - P_{AI n}) L_n + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 P_{AI8} L_n + \\ & + (\lambda_9 - \lambda_{10}) s_9 (1 - P_{AI8}) L_8 + (\lambda_9 - \lambda_{10}) r L_9 + \lambda_{\text{sec}9} s_7 P_{AI8} L_n + \lambda_{\text{sec}9} r_{\text{sec}} (1 - P_{AI8}) L_8 + \\ & + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) s_{10} P_{AI8} L_n + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) s_{10} (1 - P_{AI8}) L_8 + (\lambda_{10} - \lambda_{11}) r L_{10} + \\ & + \lambda_{\text{sec}10} s_9 P_{AI8} L_n + \lambda_{\text{sec}10} s_9 (1 - P_{AI8}) L_8 + \lambda_{\text{sec}10} r_{\text{sec}} L_9 + \lambda_{11} s_{10} P_{AI11} L_8 + \\ & + \lambda_{11} r P_{AI11} L_{10} + \lambda_{11} r (1 - P_{AI11}) L_{11} + \lambda_{I11} s_{10} P_{AI8} L_n + \lambda_{I11} s_{10} (1 - P_{AI8}) L_8 + \\ & + \lambda_{I11} r_{IAR} L_{10} \end{aligned}$$



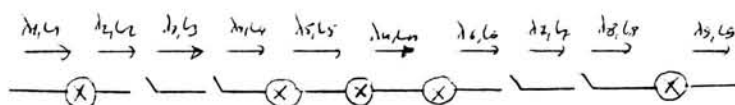
	L2	L5	L8	L7	L8	L9	L10	L11
λ1	s7 P _{AI5}	s7 (1 - P _{AI5})		r				
λ3	-s7 P _{AI5}	-s7 (1 - P _{AI5}) + s7 P _{AI8}		-r + r P _{AI8}	r (1 - P _{AI8})			
λ7		-s7 P _{AI8} + s9 P _{AI8}		-r P _{AI8}	-r (1 - P _{AI8}) + s9 (1 - P _{AI8})	r		
λ10		-s9 P _{AI8} + s10 P _{AI8}			-s9 (1 - P _{AI8}) + s10 (1 - P _{AI8}) - r		r	
λ11		-s10 P _{AI8}			-s10 (1 - P _{AI8}) + r P _{AI8}		-r + r P _{AI11}	r (1 - P _{AI11})
λsec7	s6 P _{AI5}	s6 (1 - P _{AI5})	λsec6					
λsec8	s7 P _{AI5}	s7 (1 - P _{AI5})		λsec7				
λsec9		s7 P _{AI8}		λsec8 P _{AI8}	λsec8 (1 - P _{AI8})			
λsec10		s9 P _{AI8}			s9 (1 - P _{AI8})	λsec9		
λsec11		s10 P _{AI8}			s10 (1 - P _{AI8})			

	L_2	L_5	L_6	L_7	L_n	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}
λ_2	$s_4 P_{AIS}$	$s_2 (1 - P_{AIS})$		r					
λ_n	$-s_4 P_{AIS}$	$-s_2 (1 - P_{AIS})$	$s_4 P_{AIS}$	$-r + \lambda P_{AIS}$	$\lambda (1 - P_{AIS})$				
λ_3		$-s_2 P_{AIS}$		$-r P_{AIS}$	$-r (1 - P_{AIS}) + \lambda P_{AIS}$	$r (1 - P_{AIS})$			
λ_5					$-r P_{AIS} + s_4 P_{AIS}$	$-r (1 - P_{AIS}) + s_4 (1 - P_{AIS})$			
λ_{10}					$-s_2 P_{AIS} + s_4 P_{AIS}$	$-s_2 (1 - P_{AIS}) + s_4 (1 - P_{AIS})$	$-r$	λ	
λ_{11}					$-s_4 P_{AIS}$	$-s_2 (1 - P_{AIS}) + s_4 P_{AIS}$		$-r + \lambda P_{AIS}$	$\lambda (1 - P_{AIS})$
λ_{sec6}	$s_6 P_{AIS}$	$s_6 (1 - P_{AIS})$	$r P_{AIS}$						
λ_{11}	$s_4 P_{AIS}$	$s_4 (1 - P_{AIS})$		λP_{AIS}					
λ_{12}		$s_4 P_{AIS}$		λP_{AIS}	$\lambda (1 - P_{AIS})$				
λ_{sec3}					$s_2 P_{AIS}$	$s_2 (1 - P_{AIS})$			
λ_{10}					$s_2 P_{AIS}$	$s_2 (1 - P_{AIS})$	λP_{AIS}		
λ_{11}					$s_2 P_{AIS}$	$s_2 (1 - P_{AIS})$		$r P_{AIS}$	

III.6.27. Rede com mais que um IAR a montante e mais que um IAR a jusante (IARn inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_6) s_4 P_{AI5} L_2 + (\lambda_5 - \lambda_6) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI2} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{I5} r P_{AI2} L_4 + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{AI6} L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{I6} s_4 P_{AI5} L_2 + \lambda_{I6} r P_{AI5} L_4 + \lambda_{I6} r P_{AI5} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI6} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \lambda_{sec7} r_{sec} P_{AI6} L_5 + \\ & + \lambda_{sec7} r_{sec} (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 P_{AI6} L_5 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 (1 - P_{AI6}) L_6 + \\ & + (\lambda_8 - \lambda_9) r L_8 + \lambda_{sec8} s_7 P_{AI6} L_5 + \lambda_{sec8} s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{sec8} r_{sec} L_7 + \\ & + \lambda_9 s_8 P_{AI9} L_6 + \lambda_9 r P_{AI9} L_8 + \lambda_9 r (1 - P_{AI9}) L_9 + \lambda_{I9} s_8 P_{AI6} L_5 + \lambda_{I9} s_8 (1 - P_{AI6}) L_6 + \\ & + \lambda_{I9} r P_{AI9} L_8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAR}} = & \dots + (\lambda_5 - \lambda_n) s_4 P_{AI5} L_2 + (\lambda_5 - \lambda_n) r P_{AI5} L_4 + (\lambda_5 - \lambda_n) r (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + \lambda_{I5} s_4 P_{AI2} L_1 + \lambda_{I5} s_4 (1 - P_{AI2}) L_2 + \lambda_{I5} r P_{AI2} L_4 + (\lambda_n - \lambda_6) r P_{AI6} L_5 + \\ & + (\lambda_n - \lambda_6) r (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{In} s_4 P_{AI5} L_2 + \lambda_{In} r P_{AI5} L_4 + \lambda_{In} r P_{AI5} (1 - P_{AI5}) L_5 + \\ & + (\lambda_6 - \lambda_7) r P_{AI6} L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7) r (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{I6} r P_{AI6} L_5 + \\ & + \lambda_{I6} r P_{AI6} (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 P_{AI6} L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8) s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_7 - \lambda_8) r L_7 + \\ & + \lambda_{sec7} r_{sec} P_{AI6} L_5 + \lambda_{sec7} r_{sec} (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 P_{AI6} L_5 + \\ & + (\lambda_8 - \lambda_9) s_8 (1 - P_{AI6}) L_6 + (\lambda_8 - \lambda_9) r L_8 + \lambda_{sec8} s_7 P_{AI6} L_5 + \lambda_{sec8} s_7 (1 - P_{AI6}) L_6 + \\ & + \lambda_{sec8} r_{sec} L_7 + \lambda_9 s_8 P_{AI9} L_6 + \lambda_9 r P_{AI9} L_8 + \lambda_9 r (1 - P_{AI9}) L_9 + \lambda_{I9} s_8 P_{AI6} L_5 + \\ & + \lambda_{I9} s_8 (1 - P_{AI6}) L_6 + \lambda_{I9} r P_{AI9} L_8 \end{aligned}$$



	L_1	L_2	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9
λ_5		$i_4 p_{TS}$	λp_{TS}	$\lambda(1-p_{TS})$				
λ_6		$-i_4 p_{TS}$	$-\lambda p_{TS}$	$-\lambda(1-p_{TS}) + \lambda p_{TC}$	$\lambda(1-p_{TC})$			
λ_7				$-\lambda p_{TC} + i_3 p_{TC}$	$-\lambda(1-p_{TC}) + i_3(1-p_{TC})$	λ		
λ_8				$-i_3 p_{TC} + i_3 p_{TC}$	$-i_3(1-p_{TC}) + i_3(1-p_{TC})$	$-\lambda$	λ	
λ_9				$-i_3 p_{TC}$	$-i_3(1-p_{TC}) + i_3 p_{TC}$		$-\lambda + \lambda p_{TS}$	$\lambda(1-p_{TS})$
λ_{ES}	$i_4 p_{TS}$	$i_4(1-p_{TS})$	λ_{LH}					
λ_{E6}		$i_4 p_{TS}$	$\lambda_{LH} \cdot p_{TS}$	$\lambda_{LH}(1-p_{TS})$				
λ_{EC}				$\lambda_{LH} p_{TC}$	$\lambda_{LH}(1-p_{TC})$			
λ_{ECS}				$i_3 p_{TC}$	$i_3(1-p_{TC})$	λ_{EC}		
λ_{ES}				$i_3 p_{TC}$	$i_3(1-p_{TC})$		λ_{LH}	

	L_1	L_2	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9
λ_5		$i_4 p_{TS}$	λp_{TS}	$\lambda(1-p_{TS})$				
λ_6		$-i_4 p_{TS}$	$-\lambda p_{TS}$	$-\lambda(1-p_{TS}) + \lambda_{LH}$	$\lambda(1-p_{LH})$			
λ_7				$-\lambda p_{TC}$	$-\lambda(1-p_{TC}) + \lambda p_{TC}$	$\lambda(1-p_{TC})$		
λ_8				$-\lambda p_{TC} + i_3 p_{TC}$	$-\lambda(1-p_{TC}) + i_3(1-p_{TC})$	λ		
λ_9				$-i_3 p_{TC}$	$-i_3(1-p_{TC}) + i_3 p_{TC}$	$-\lambda$	λ	
λ_5				$-i_3 p_{TC}$	$-i_3(1-p_{TC}) + i_3 p_{TC}$		$-\lambda + \lambda p_{TS}$	$\lambda(1-p_{TS})$
λ_{ES}	$i_4 p_{TS}$	$i_4(1-p_{TS})$	λ_{LH}					
λ_{E6}		$i_4 p_{TS}$	$\lambda_{LH} p_{TS}$	$\lambda_{LH}(1-p_{TS})$				
λ_{EC}				$\lambda_{LH} p_{TC}$	$\lambda_{LH}(1-p_{TC})$			
λ_{ECS}				$i_3 p_{TC}$	$i_3(1-p_{TC})$	λ_{EC}		
λ_{ES}				$i_3 p_{TC}$	$i_3(1-p_{TC})$		λ_{LH}	

III.7. Algoritmos para a introdução de IAR's

III.7.1. Primeiro algoritmo geral para a introdução de IAR's

REDE COM MAIS DO QUE UM IAR A MONTANTE E MAIS QUE UM IAR A JUSANTE (IAR INSERIDO NÃO IMEDIATAMENTE A JUSANTE DO 1º IAR A MONTANTE E NÃO IMEDIATAMENTE A MONTANTE DO 1º IAR A JUSANTE)

- introdução de linha (n):
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb:} & -s_{(n-1)}P_{AIna} \\ \text{-elemento na:} & s_{(n-1)}[-(1-P_{AIna})+P_{AIn}] \\ \text{-elemento(n-1):} & r(-1+P_{AIn}) \\ \text{-elemento(n):} & r(1-P_{AIn}) \quad (\text{resto 0's}) \end{array} \right.$$

- ajustes na linha (n+1):
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb:} & 0 \\ \text{-elemento na:} & [-s_{(n-1)}+s_{(n+1)}]P_{AIn} \\ \text{-elemento(n-1):} & -rP_{AIn} \\ \text{-elemento(n):} & [-r+s_{(n+1)}](1-P_{AIn}) \end{array} \right.$$

- ajustes linha (n+i):
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb:} & 0 \\ \text{-elemento na:} & [-s_{(n+i-1)}+s_{(n+i)}]P_{AIn} \\ \text{-elemento n:} & [-s_{(n+i-1)}+s_{(n+i)}](1-P_{AIn}) \end{array} \right.$$

[NOTA: com $i \geq 2$ e para linhas entre troço (n+1) e (np)]

- ajustes linha (np):
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb:} & 0 \\ \text{-elemento na:} & -s_{(np-1)}P_{AIn} \\ \text{-elemento n:} & s_{(np-1)}[-(1-P_{AIn})+P_{AInp}] \end{array} \right.$$

- ajustes linha (np+1):
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento na:} & 0 \\ \text{-elemento n:} & [-s_{(np-1)}+s_{(np+1)}]P_{AInp} \end{array} \right.$$

- ajustes linha $(np+m)$:
$$\begin{cases} \text{-elemento na: } 0 \\ \text{-elemento n: } [-s(np+m-1)+s(np+m)]P_{AIna} \end{cases}$$

[NOTA: $m \geq 2$ e para linhas entre $(np+1)$ e (nq)]

- ajustes linha (nq) :
$$\begin{cases} \text{-elemento na: } 0 \\ \text{-elemento n: } -s(nq-1)P_{AInp} \end{cases}$$

- introdução de linha $(secn)$:
$$\begin{cases} \text{-elemento nb: } s(n-1)P_{AIna} \\ \text{-elemento na: } s(n-1)(1-P_{AIna}) \\ \text{-elemento(n-1): } r_{IAR} \\ \text{(resto 0's)} \end{cases}$$

- ajustes na linha $[sec(n+1)]$:
$$\begin{cases} \text{-elemento nb: } 0 \\ \text{-elemento na: } s(n-1)P_{AIn} \\ \text{-elemento(n-1): } r_{sec}P_{AIn} \\ \text{-elemento(n): } r_{sec}(1-P_{AIn}) \end{cases}$$

- ajustes linha $[sec(n+i)]$:
$$\begin{cases} \text{-elemento nb: } 0 \\ \text{-elemento na: } s(n+i-1)P_{AIn} \\ \text{-elemento n: } s(n+i-1)(1-P_{AIn}) \end{cases}$$

[NOTA: $i \geq 2$, para linhas entre $sec(n+1)$ e $[IAR(np)]$]

- ajuste linha $[IAR(np)]$:
$$\begin{cases} \text{-elemento nb: } 0 \\ \text{-elemento na: } s(np-1)P_{AIn} \\ \text{-elemento n: } s(np-1)(1-P_{AIn}) \end{cases}$$

- ajustes linha [sec(np+1)] :
$$\begin{cases} \text{-elemento_na: } 0 \\ \text{-elemento_n: } s(np-1)^{PAInp} \end{cases}$$
- ajustes linha [sec(np+m)] :
$$\begin{cases} \text{-elemento_na: } 0 \\ \text{-elemento_n: } s(np+m-1)^{PAInp} \end{cases}$$

[m ≥ 2, para linhas entre sec(np+1) e linhaIAR(nq)]
- ajustes linha IAR(nq) :
$$\begin{cases} \text{-elemento_na: } 0 \\ \text{-elemento_n: } s(nq-1)^{PAInp} \end{cases}$$
- introdução coluna n : todos os elementos que não forem especificados nas respectivas linhas serão nulos

NOTA: $\begin{cases} (na) - 1^{\circ} \text{ IAR a montante} \\ (nb) - 2^{\circ} \text{ IAR a montante} \\ (np) - 1^{\circ} \text{ IAR a jusante} \\ (nq) - 2^{\circ} \text{ IAR a jusante} \end{cases}$

III.7.2. Segundo algoritmo geral para a introdução de IAR's

REDE COM MAIS DO QUE UM IAR A MONTANTE E MAIS QUE UM IAR A JUSANTE (IAR INSERIDO IMEDIATAMENTE A JUSANTE DO 1º IAR A MONTANTE E IMEDIATAMENTE A MONTANTE DO 1º IAR A JUSANTE)

- introdução de linha (n):
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb:} & -s(na-1)P_{AIna} \\ \text{-elemento (na-1):} & -rP_{AIna} \\ \text{-elemento na :} & r[-(1-P_{AIna})+P_{AIn}] \\ \text{-elemento(n):} & r(1-P_{AIn}) \quad (\text{resto 0's}) \end{array} \right.$$
 - ajustes na linha np:
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento nb:} & 0 \\ \text{-elemento (na-1):} & 0 \\ \text{-elemento na :} & -r[-(1-P_{AIn})+P_{AInp}] \\ \text{-elemento(n):} & r[-(1+P_{AIn})+P_{AInp}] \end{array} \right.$$
 - ajustes na linha (np+1):
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento na :} & 0 \\ \text{-elemento n :} & [-r+s(np-1)]P_{AInp} \end{array} \right.$$
 - ajustes na linha (np+i):
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento na :} & 0 \\ \text{-elemento n :} & [-s(np+m-1)+s(np+m)]P_{AInp} \end{array} \right.$$
- [NOTA: $i \geq 2$, para linhas entre (np+1) e (nq)]
- ajustes na linha (nq):
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{-elemento na :} & 0 \\ \text{-elemento n :} & -s(nq-1)P_{AInp} \end{array} \right.$$

- introdução de linha (secn) :
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-elemento nb : } s_{(na-1)} P_{AIna} \\ \text{-elemento (na-1) : } r_{IAR} P_{AIna} \\ \text{-elemento na : } r_{IAR} (1-P_{AIna}) \\ \text{(resto 0's)} \end{array} \right.$$
- ajustes na linha(IARnp) :
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-elemento nb : } 0 \\ \text{-elemento (na-1) : } 0 \\ \text{-elemento na : } r_{IAR} P_{AIn} \\ \text{-elemento n : } r_{IAR} (1-P_{AIn}) \end{array} \right.$$
- ajustes na linha sec(np+1) :
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-elemento na : } 0 \\ \text{-elemento n : } r_{sec} P_{AInp} \end{array} \right.$$
- ajustes linhas sec(np+m) :
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-elemento na : } 0 \\ \text{-elemento n : } s_{(np+m-1)} P_{AInp} \end{array} \right.$$

 $[m \geq 2, \text{ para linhas entre sec(np+1) e IAR(nq)}$
- ajustes linhas IAR(nq) :
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-elemento na : } 0 \\ \text{-elemento n : } s_{(nq-1)} P_{AInp} \end{array} \right.$$
- introdução coluna (n) : todos os elementos que não forem especificados nas respectivas linhas serão nulos

III.7.3. Adaptação dos dois algoritmos gerais para as restantes situações

A) Rede com mais do que um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (IAR inserido **não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-introdução de linha(n) e de linha(IARn) semelhantes ao algoritmo III.7.2.
-ajustes serão realizados como no algoritmo III.7.1., com as seguintes diferenças:

-linha(n+1): elto.(na-1):**0**; elto.(na):[-r+s(n+1)]**PAlIn** ;
 elto.(n-1):não existe
-linha[sec(n+1)]: elto.(na-1):**0** ; elto.na:**r_{sec}PAlIn**
 elto.(n-1): não existe

B) Rede com mais do que um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (IAR inserido não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante)

-introdução de linha(n) e de linha(IARn) semelhantes ao algoritmo III.7.1.
-ajustes serão realizados como no algoritmo III.7.2., com as seguintes diferenças:

- linha np: elto.(na-1): não se altera ; elto.na: $s_{(n-1)}P_{AIn}$
- elto.(n-1): $-rP_{AIn}$
- linha (np+1): elto.(n-1): 0
- linha (IARnp): elto.(na-1): não se altera ; elto.na: $s_{(n-1)}P_{AIn}$
- linha [sec(np+1)]: elto.(n-1): 0

C) Rede com mais do que um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido **não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante)**

-algoritmo semelhante a III.7.1., com as diferenças de que, não existindo o IAR(nq), os ajustes nas linhas correspondentes a troços ou a aparelhos a jusante do sec(np+1) serão todos realizados como naquele algoritmo geral para a linha(np+m)

D) Rede com mais do que um IAR a montante e mais um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante)

-algoritmo semelhante a III.7.3.A, com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.C

E) Rede com mais do que um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido **não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante**)

-algoritmo semelhante a III.7.3.B, com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.C

F) Rede com mais do que um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido imediatamente a jusante do 1º IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante)

-algoritmo semelhante a III.7.2., com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.C

G) Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (IAR inserido **não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.7.1., com a diferença que as introduções e alterações efectuadas no elemento(nb), que agora já não existe, são agora efectuadas no 1º elemento de cada linha

H) Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (IAR inserido **imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.7.3.A, com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.G

I) Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (IAR inserido **não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.7.3.B, com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.G

J) Rede com um IAR a montante e mais do que um IAR a jusante (IAR inserido **imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.7.2., com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.G

K) Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido **não imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.7.1., com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.G e III.7.3.C

L) Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido **imediatamente a jusante do IAR a montante e não imediatamente a montante do IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.7.3.A, com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.G e III.7.3.C

M) Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido **não imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.7.3.B, com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.G e III.7.3.C

N) Rede com um IAR a montante e um IAR a jusante (IAR inserido **imediatamente a jusante do IAR a montante e imediatamente a montante do IAR a jusante**)

-algoritmo muito semelhante ao algoritmo III.7.2., com as mesmas diferenças notadas em III.7.3.G e III.7.3.C

O) Rede com mais do que um IAR a montante (IAR inserido **imediatamente a jusante do 1º IAR a montante**)

-algoritmo semelhante a III.7.3.A, com a diferença de que, não existindo os IAR's (np) e (nq), os ajustes nas linhas correspondentes a troços ou a aparelhos a jusante de $\text{sec}(n+1)$ serão todos realizados como naquele algoritmo geral para as linhas $(n+i)$

P) Rede com mais do que um IAR a montante (IAR inserido **não imediatamente a jusante do 1º IAR a montante**)

-algoritmo semelhante a III.7.3.A, com a diferença notada em III.7.3.O

Q) Rede com mais do que um IAR a jusante (IAR inserido **imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-algoritmo semelhante a III.7.3.B, com a diferença de que, como os IAR's (nb) e (na) não existem, as introduções e ajustes correspondentes aos elementos (nb) e (na) não se efecturão, efectuando-se isso sim introduções e ajustes no 1º elemento de cada linha, alterações essas que serão semelhantes às efectuadas no algoritmo geral em na com $P_{AIna} = 0$

R) Rede com mais do que um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a montante do 1º IAR a jusante**)

-algoritmo semelhante ao III.7.1., com a diferença notada em III.7.3.Q

S) Rede com um IAR a montante (seccionador inserido **imediatamente a jusante do IAR**)

-algoritmo semelhante ao III.7.3.A, com as diferenças notadas em III.7.3.O e III.7.3.G

T) Rede com um IAR a montante (seccionador inserido **não imediatamente a jusante do IAR**)

-algoritmo semelhante ao III.7.1., com as diferenças notadas em III.7.3.O e III.7.3.G

U) Rede com um IAR a jusante (seccionador inserido **imediatamente a montante do IAR**)

-algoritmo semelhante ao III.7.3.B, com as diferenças notadas em III.7.3.Q e III.7.3.C

V) Rede com um IAR a jusante (seccionador inserido **não imediatamente a montante do IAR**)

-algoritmo semelhante ao III.7.1., com as diferenças notadas em III.7.3.Q e III.7.3.C

W) Rede só com seccionadores (há **seccionadores a montante e a jusante**)

-algoritmo semelhante ao III.7.1., com as diferenças notadas em III.7.3.Q e III.7.3.O

X) Rede só com seccionadores (**nenhum seccionador a montante**)

-algoritmo semelhante III.7.1., em que introduções e ajustes em (nb) e (na) desaparecem por completo, e com as seguintes diferenças:

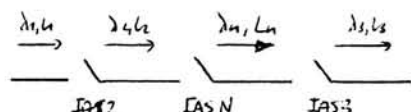
-elto (n-1) dos ajustes na linha (n+1): $-rP_{AIN} + s_{(n+1)}P_{AIN}$

-diferença notada em III.7.3.O

III.8. Introdução de IAS's numa rede

Ao contrário do caso dos IAR's, em que o único limite para o número de IAR's em série é fixado pelos tempos de reposição do serviço, o número de IAS's em série é determinado pelas possibilidades de escolha de diferentes números de passagem do defeito e, consequentemente, também pelo número de religações que o disjuntor-religador de montante for capaz de fazer dentro do tempo de memória do conta-passagens, sendo por isso de prever a utilização de IAS's apenas em situações pontuais que sejam propícias às suas características. A contribuir para o que acabei de dizer está a própria forma de actuação dos IAS's, em princípio pensada para uma coordenação exclusiva de IAS's com o disjuntor-religador, não fazendo muito sentido intercalar outro tipo de aparelhagem numa rede dotada de IAS's.

No seguimento da observação atrás realizada irei apenas exemplificar a introdução dum IAS numa rede já com outros IAS's. De notar que este estudo não será aqui tão aprofundado como os anteriores por se verificar ser a actuação de IAS's em conjunto com os disjuntores- religadores semelhante à dos IAR's (isto se não se pretender analisar os efeitos de avarias transitórias).



$$\begin{aligned} \text{END}_{s/\text{IAS}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rP_{\text{AIS}2}L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)r(1 - P_{\text{AIS}2})L_2 + \\ & + \lambda_{\text{IAS}2}\Gamma_{\text{IAS}}L_1 + \lambda_3rP_{\text{AIS}3}L_2 + \lambda_3r(1 - P_{\text{AIS}3})L_3 + \lambda_{\text{IAS}3}\Gamma_{\text{IAS}}P_{\text{AIS}2}L_1 + \\ & + \lambda_{\text{IAS}3}\Gamma_{\text{IAS}}(1 - P_{\text{AIS}2})L_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{END}_{c/\text{IAS}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)rP_{\text{AIS}2}L_1 + (\lambda_2 - \lambda_n)r(1 - P_{\text{AIS}2})L_2 + \\ & + \lambda_{\text{IAS}2}\Gamma_{\text{IAS}}L_1 + (\lambda_n - \lambda_3)rP_{\text{AIS}n}L_2 + (\lambda_n - \lambda_3)r(1 - P_{\text{AIS}n})L_n + \\ & + \lambda_{\text{IAS}n}\Gamma_{\text{IAS}}P_{\text{AIS}2}L_1 + \lambda_{\text{IAS}n}\Gamma_{\text{IAS}}(1 - P_{\text{AIS}2})L_2 + \lambda_3rP_{\text{AIS}3}L_n + \\ & + \lambda_3r(1 - P_{\text{AIS}3})L_3 + \lambda_{\text{IAS}3}\Gamma_{\text{IAS}}P_{\text{AIS}n}L_2 + \lambda_{\text{IAS}3}\Gamma_{\text{IAS}}(1 - P_{\text{AIS}n})L_n \end{aligned}$$

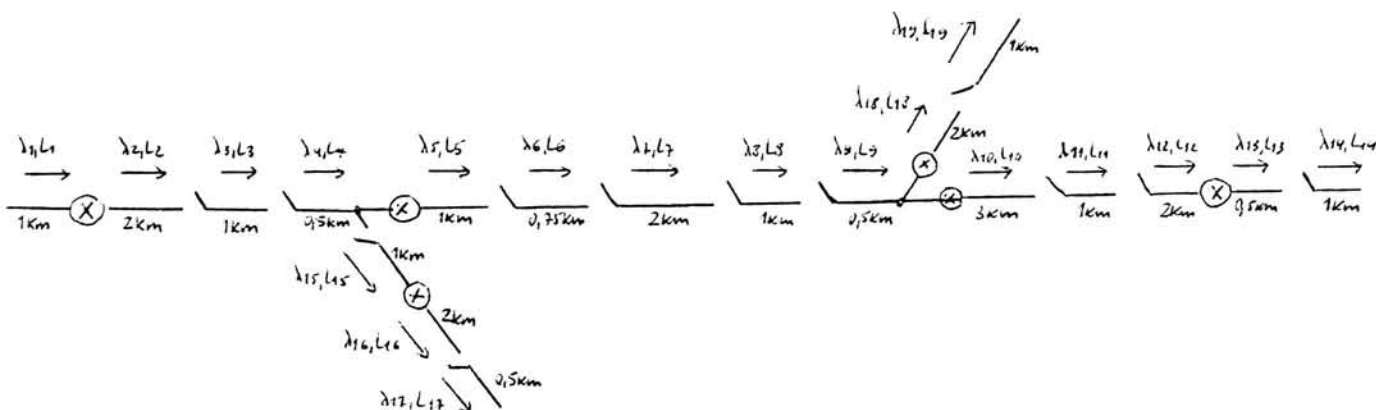
	L_1	L_2	L_3
λ_1	λ		
λ_2	$-\lambda + \lambda P_{\text{AIS}2}$	$\lambda(1 - P_{\text{AIS}2})$	
λ_3	$-\lambda P_{\text{AIS}2}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AIS}2}) + \lambda P_{\text{AIS}3}$	$\lambda(1 - P_{\text{AIS}3})$
$\lambda_{\text{IAS}2}$	λ_{IAS}		
$\lambda_{\text{IAS}3}$	$\lambda_{\text{IAS}} P_{\text{AIS}2}$	$\lambda_{\text{IAS}}(1 - P_{\text{AIS}2})$	

	L_1	L_2	L_n	L_3
λ_1	λ			
λ_2	$-\lambda + \lambda P_{\text{AIS}2}$	$\lambda(1 - P_{\text{AIS}2})$		
λ_n	$-\lambda P_{\text{AIS}2}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AIS}2}) + \lambda P_{\text{AIS}n}$	$\lambda(1 - P_{\text{AIS}n})$	
λ_3		$-\lambda P_{\text{AIS}n}$	$-\lambda(1 - P_{\text{AIS}n}) + \lambda P_{\text{AIS}3}$	$\lambda(1 - P_{\text{AIS}3})$
$\lambda_{\text{IAS}2}$	λ_{IAS}			
$\lambda_{\text{IAS}n}$	$\lambda_{\text{IAS}} P_{\text{AIS}2}$	$\lambda_{\text{IAS}}(1 - P_{\text{AIS}2})$		
$\lambda_{\text{IAS}3}$		$\lambda_{\text{IAS}} P_{\text{AIS}n}$	$\lambda_{\text{IAS}}(1 - P_{\text{AIS}n})$	

IV. FOLHA DE CÁLCULO PARA O CÁLCULO DOS ÍNDICES NUMA REDE RADIAL RAMIFICADA

Não é objectivo deste trabalho a elaboração duma ferramenta computacional que possibilite a determinação dos vários índices a partir dos algoritmos atrás estabelecidos, todavia decidi elaborar uma folha de cálculo em que irei calcular os índices para uma rede radial ramificada a partir dos referidos algoritmos .

Rede a ser analisada



Para que se possa confirmar a construção da tabela a partir dos algoritmos, desenvolverei aqui paralelamente a expressão que também possibilitaria a sua construção (à semelhança do que fiz em partes anteriores do trabalho).

$$\begin{aligned}
\text{END}_{\text{TOTAL}} = & (\lambda_1 - \lambda_2)rL_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)rP_{AI1}L_1 + (\lambda_2 - \lambda_3)r(1 - P_{AI2})L_1 + \lambda_{I2}\pi_{IAR}L_1 + \\
& + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3P_{AI2}L_1 + (\lambda_3 - \lambda_4)s_3(1 - P_{AI2})L_2 + (\lambda_3 - \lambda_4)rL_3 + \\
& + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}P_{AI2}L_1 + \lambda_{\text{sec}3}r_{\text{sec}}(1 - P_{AI2})L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5 - \lambda_{15})s_4P_{AI2}L_1 + \\
& + (\lambda_4 - \lambda_5 - \lambda_{15})s_4(1 - P_{AI2})L_2 + (\lambda_4 - \lambda_5 - \lambda_{15})rL_4 + \lambda_{\text{sec}4}s_3P_{AI2}L_1 + \\
& + \lambda_{\text{sec}4}s_3(1 - P_{AI2})L_2 + \lambda_{\text{sec}4}r_{\text{sec}}L_3 + (\lambda_{15} - \lambda_{16})s_{15}P_{AI2}L_1 + \\
& + (\lambda_{15} - \lambda_{16})s_{15}(1 - P_{AI2})L_2 + (\lambda_{15} - \lambda_{16})rL_{15} + \lambda_{\text{sec}15}s_4P_{AI2}L_1 + \\
& + \lambda_{\text{sec}15}s_4(1 - P_{AI2})L_2 + \lambda_{\text{sec}15}r_{\text{sec}}L_4 + (\lambda_{16} - \lambda_{17})s_{15}P_{AI6}L_2 + \\
& + (\lambda_{16} - \lambda_{17})rP_{AI6}L_{15} + (\lambda_{16} - \lambda_{17})r(1 - P_{AI6})L_{16} + \lambda_{I16}s_{15}P_{AI2}L_1 + \\
& + \lambda_{I16}s_{15}(1 - P_{AI2})L_2 + \lambda_{I16}\pi_{IAR}L_{15} + \lambda_{17}s_{17}P_{AI6}L_2 + \\
& + \lambda_{17}s_{17}(1 - P_{AI6})L_6 + \lambda_{17}rL_{17} + \lambda_{\text{sec}17}s_{15}P_{AI6}L_2 + \\
& + \lambda_{\text{sec}17}r_{\text{sec}}P_{AI6}L_{15} + \lambda_{\text{sec}17}r_{\text{sec}}(1 - P_{AI6})L_{16} + \\
& + (\lambda_5 - \lambda_6)s_4P_{AI5}L_2 + (\lambda_5 - \lambda_6)rP_{AI5}L_4 + (\lambda_5 - \lambda_6)r(1 - P_{AI5})L_5 + \\
& + \lambda_{I5}s_4P_{AI2}L_1 + \lambda_{I5}s_4(1 - P_{AI2})L_2 + \lambda_{I5}\pi_{IAR}L_4 + \\
& + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6P_{AI5}L_2 + (\lambda_6 - \lambda_7)s_6(1 - P_{AI5})L_5 + (\lambda_6 - \lambda_7)rL_6 + \\
& + \lambda_{\text{sec}6}s_4P_{AI5}L_2 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}P_{AI5}L_4 + \lambda_{\text{sec}6}r_{\text{sec}}(1 - P_{AI5})L_5 + \\
& + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7P_{AI5}L_2 + (\lambda_7 - \lambda_8)s_7(1 - P_{AI5})L_5 + (\lambda_7 - \lambda_8)rL_7 + \\
& + \lambda_{\text{sec}7}s_6P_{AI5}L_2 + \lambda_{\text{sec}7}s_6(1 - P_{AI5})L_5 + \lambda_{\text{sec}7}r_{\text{sec}}L_6 + \\
& + (\lambda_8 - \lambda_9)s_8P_{AI5}L_2 + (\lambda_8 - \lambda_9)s_8(1 - P_{AI5})L_5 + (\lambda_8 - \lambda_9)rL_8 + \\
& + \lambda_{\text{sec}8}s_7P_{AI5}L_2 + \lambda_{\text{sec}8}s_7(1 - P_{AI5})L_5 + \lambda_{\text{sec}8}r_{\text{sec}}L_7 + \\
& + (\lambda_9 - \lambda_{10} - \lambda_{18})s_9P_{AI5}L_2 + (\lambda_9 - \lambda_{10} - \lambda_{18})s_9(1 - P_{AI5})L_5 + \\
& + (\lambda_9 - \lambda_{10} - \lambda_{18})rL_9 + \lambda_{\text{sec}9}s_8P_{AI5}L_2 + \lambda_{\text{sec}9}s_8(1 - P_{AI5})L_5 + \\
& + \lambda_{\text{sec}9}r_{\text{sec}}L_8 + (\lambda_{10} - \lambda_{11})s_9P_{AI10}L_5 + (\lambda_{10} - \lambda_{11})rP_{AI10}L_9 + \\
& + (\lambda_{10} - \lambda_{11})r(1 - P_{AI10})L_{10} + \lambda_{I10}s_9P_{AI5}L_2 + \lambda_{I10}s_9(1 - P_{AI5})L_5 + \\
& + \lambda_{I10}\pi_{IAR}L_9 + (\lambda_{11} - \lambda_{12})s_{11}P_{AI10}L_5 + \\
& + (\lambda_{11} - \lambda_{12})s_{11}(1 - P_{AI10})L_{10} + (\lambda_{11} - \lambda_{12})rL_{11} + \lambda_{\text{sec}11}s_8P_{AI10}L_5 + \\
& + \lambda_{\text{sec}11}r_{\text{sec}}P_{AI10}L_8 + \lambda_{\text{sec}11}r_{\text{sec}}(1 - P_{AI10})L_{10} + \\
& + (\lambda_{12} - \lambda_{13})s_{12}P_{AI10}L_5 + (\lambda_{12} - \lambda_{13})s_{12}(1 - P_{AI10})L_{10} + \\
& + (\lambda_{12} - \lambda_{13})rL_{12} + \lambda_{\text{sec}12}s_{11}P_{AI10}L_5 + \lambda_{\text{sec}12}s_{11}(1 - P_{AI10})L_{10} + \\
& + \lambda_{\text{sec}12}r_{\text{sec}}L_{11} + (\lambda_{13} - \lambda_{14})s_{12}P_{AI13}L_{10} + (\lambda_{13} - \lambda_{14})rP_{AI13}L_{12} + \\
& + (\lambda_{13} - \lambda_{14})r(1 - P_{AI13})L_{13} + \lambda_{I13}s_{12}P_{AI10}L_5 + \lambda_{I13}\pi_{IAR}L_{12} + \\
& + \lambda_{14}s_{14}P_{AI13}L_{10} + \lambda_{14}s_{14}(1 - P_{AI13})L_{13} + \lambda_{14}rL_{14} + \\
& + \lambda_{\text{sec}14}s_{12}P_{AI13}L_{10} + \lambda_{\text{sec}14}r_{\text{sec}}P_{AI3}L_{12} + \\
& + \lambda_{\text{sec}14}r_{\text{sec}}(1 - P_{AI13})L_{13} + (\lambda_{18} - \lambda_{19})s_9P_{AI18}L_5 + \\
& + (\lambda_{18} - \lambda_{19})rP_{AI18}L_9 + (\lambda_{18} - \lambda_{19})r(1 - P_{AI18})L_{18} + \\
& + \lambda_{I18}s_9P_{AI5}L_2 + \lambda_{I18}s_9(1 - P_{AI5})L_5 + \lambda_{I18}\pi_{IAR}L_9 + \\
& + \lambda_{19}s_{19}P_{AI18}L_5 + \lambda_{19}s_{19}(1 - P_{AI18})L_{18} + \lambda_{19}rL_{19} + \\
& + \lambda_{\text{sec}19}s_8P_{AI18}L_5 + \lambda_{\text{sec}19}r_{\text{sec}}P_{AI8}L_8 + \lambda_{\text{sec}19}r_{\text{sec}}(1 - P_{AI18})L_{18}
\end{aligned}$$

		r(h)	r sec(h)	r IAR(h)	Pai		
		4.0000	0.5000	0.5000	0.0010		
		s3(h)	s4(h)	s15(h)	s6(h)	s7(h)	s8(h)
		0.3	0.31	0.4	0.4	0.42	0.44
λ							
(avarias)	L(kw)	27.5	27.0000	26.0000	24.0000	20.0000	18.0000
		L1	L2	L3	L4	L5	L6
1.0930	λ_1	4.0000					
1.0470	λ_2	-3.9960	3.9960				
0.955	λ_3	-0.0037	4.2957	4.0000			
0.909	λ_4	0.0000	0.0100	-4.0000	4.0000		
0.725	λ_5	-0.0003	-0.3094		-3.9960	3.9960	
0.679	λ_6		0.0001		-0.0040	0.3996	4.0000
0.644	λ_7		0.0000			0.0200	-4.0000
0.552	λ_8		0.0000			0.0200	
0.506	λ_9		0.0000			0.4591	
0.345	λ_{10}		-0.0005			-0.4591	
0.207	λ_{11}					0.0000	
0.161	λ_{12}					0.0000	
0.069	λ_{13}					-0.0005	
0.046	λ_{14}						
0.161	λ_{15}	-0.0003	-0.3097		-4.0000		
0.115	λ_{16}	0.0000	0.0000				
0.023	λ_{17}		0.0004				0.4196
0.138	λ_{18}		-0.0005			-0.4591	
0.046	λ_{19}					-0.0005	
0.0030	λ_{I2}	0.5000					
0.0020	λ_{sec3}	0.0005	0.4995				
0.0020	λ_{sec4}	0.0003	0.2997	0.5000			
0.0020	λ_{sec5}	0.0003	0.3097		0.5000		
0.0030	λ_{I16}	0.0000	0.0000				
0.0020	λ_{sec17}		0.0000				
0.0030	λ_{I5}	0.0003	0.3097		0.5000		
0.0020	λ_{sec6}		0.0003		0.0005	0.4995	
0.0020	λ_{sec7}		0.0004			-0.3996	0.5000
0.0020	λ_{sec8}		0.0004			-0.4196	
0.0020	λ_{sec9}		0.0004			0.4396	
0.0030	λ_{I10}		0.0005			0.4595	
0.0020	λ_{sec11}					0.0004	
0.0020	λ_{sec12}					0.0005	
0.0030	λ_{I13}					0.0005	
0.0020	λ_{sec14}						
0.0030	λ_{I18}		0.0005			0.4595	
0.0020	λ_{sec19}					0.0004	

[illegible]

5.0000	4.0000	1.5	3.0000	2.0000		
L15	L16	L17	L18	L19		soma
						120.2300
						-2.0920
						209.9815
						-7.0266
						-17.6509
						54.2510
						-7.4703
						-32.8991
						30.9584
						-11.4437
						11.4714
						-1.2654
						-0.5271
						-0.2937
4.0000						-13.5822
-3.9960	3.9960					-0.4595
-0.0040	-3.9960	4.0000				-0.1941
			3.9960			-6.7833
			-3.9960	4.0000		-0.1863
						0.0413
						0.0270
						0.0422
						0.0407
0.5000						0.0075
0.0005	0.4995					0.0040
						0.0611
						0.0200
						0.0020
						-0.0018
						0.0311
						0.0471
						0.0070
						0.0130
						0.0169
						0.0090
						0.0471
			0.4995			0.0030
TOTAL						325.4423

↑
END (kWh)
ano

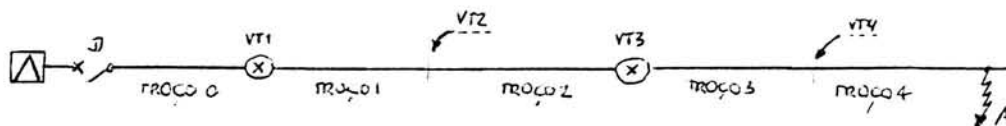
V. ANÁLISE MAIS PROMENORIZADA DO EFEITO DE INTRODUÇÃO DE IAR'S NUMA REDE

Até ao momento foi realizado um estudo da introdução de IAR's numa rede de distribuição baseado em algumas aproximações, uma das quais consistia em desprezar o tempo de interrupção devido às várias religações efectuadas pelo disjuntor. Se para a ocorrência de defeitos permanentes aquela aproximação se revelava perfeitamente coerente e a introdução de IAR's (daquela maneira considerados) na rede só trazia vantagens, para a ocorrência de defeitos transitórios o efeito da introdução de IAR's não era bem conhecido.

Assim, poderia-se pensar que a introdução de mais um IAR na rede pudesse vir a elevar o número de interrupções para os consumidores que se encontravam a montante de si, ou então que, pelo menos, pudesse aumentar os tempos de interrupção, devido às religações lentas do disjuntor, dos diversos consumidores.

O objectivo deste ponto V do trabalho é tentar, através da análise dum exemplo bastante simples, verificar se as duas hipóteses anteriormente aventadas se confirmam ou não. Irei inicialmente analisar uma rede radial com um disjuntor e dois IAR's, dotando-a de seguida de mais dois IAR's e verificando o que sucede.

Análise da rede antes da introdução dos dois IAR's



[NOTA: O tempo total de eliminação do defeito pelo disjuntor é t_p (da ordem dos 2s); o disjuntor realizará duas religações lentas (a primeira, 15s após o disparo do disjuntor, a segunda, realizada 45s após a 1ª religação)]

- defeito em A; ao fim de 2s, o disjuntor abre; IAR's sentem falta de tensão e abrem ao fim de 2s

- entretanto o religador é lançado e disjuntor é religado ao fim de 15s

- o disjuntor ao ligar provoca aparecimento de tensão em VT1, iniciando-se assim a contagem do seu tempo de confirmação (4s); ao fim do tempo de confirmação, é dada ordem de fecho ao VT1 (tempo de fecho de 3s), iniciando-se a contagem do tempo de bloqueio t_{b1} ao mesmo tempo que se inicia a contagem do tempo de confirmação do IAR VT3 ($t_{b1} = 3s$, e como $t_{c3} > t_{b1} \Rightarrow t_{c3} = 4s$)

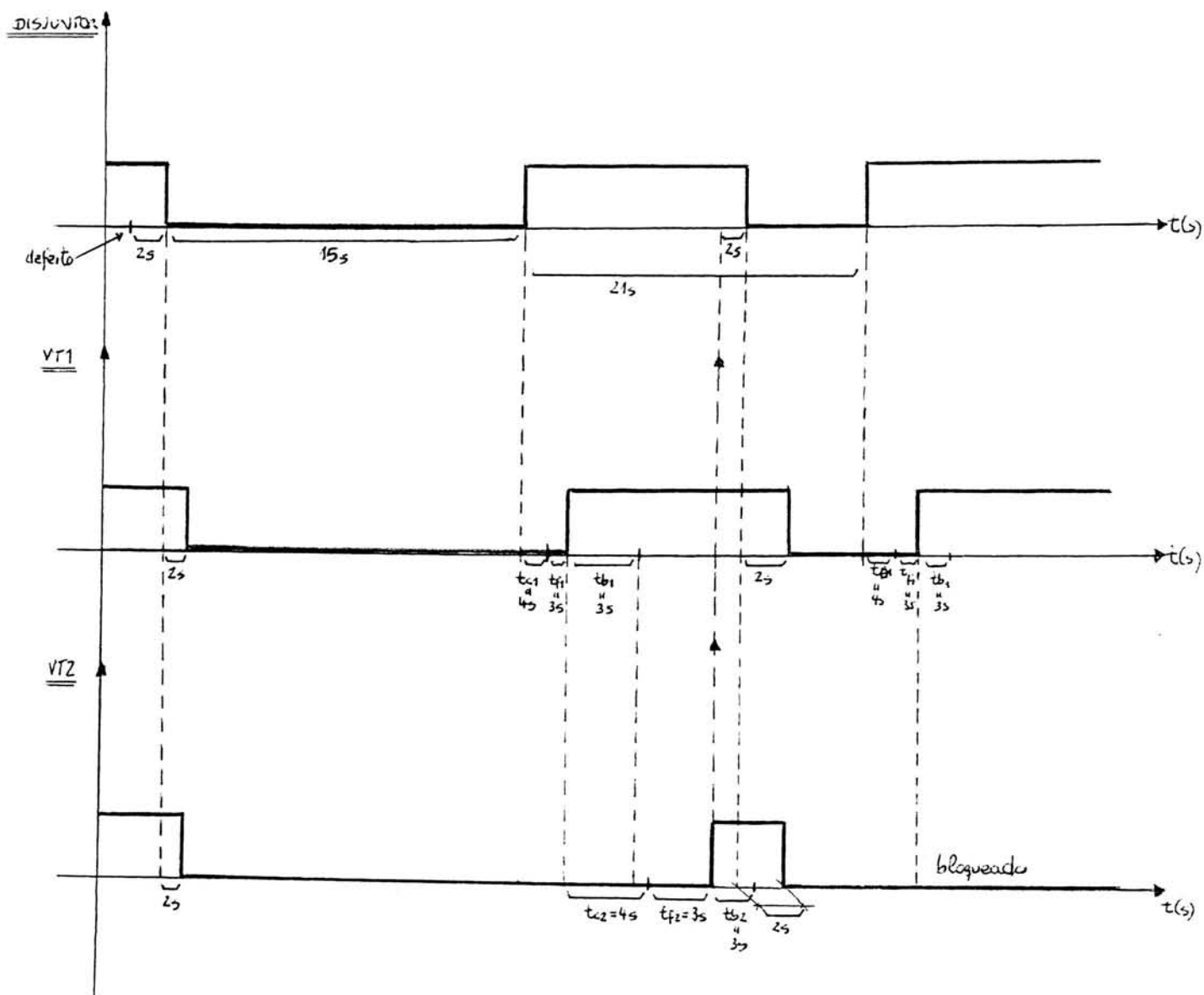
- terminado o tempo de bloqueio de VT1 sem que tenha reaparecido o defeito, e findo o tempo de confirmação de VT2, é dada ordem de fecho (3s) ao VT3, o que por sua vez inicia a contagem de t_{b3}

- como todavia, ao fechar VT3, reaparece o defeito, então 2s depois (e ainda durante a contagem de t_{b2}) dá-se um novo disparo do disjuntor

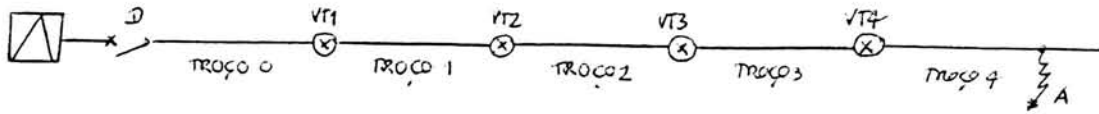
- passados 2s sobre a falta de tensão, os IAR's abrem, à excepção de VT3 que fica bloqueado

- todas estas manobras demoram cerca de 18 segundos desde a 1ª religação; então, 21s após a 1ª religação, o religador vai dar nova ordem de religação ao disjuntor, repetindo-se o ciclo com excepção de ao chegar ao VT3 este se encontrar

bloqueado, não ligando novamente sobre o defeito $\Rightarrow$ todo o serviço fica restabelecido à excepção da zona a jusante de VT3



Análise da rede depois da introdução dos IAR's



defeito em A; ao fim de 2s, o disjuntor abre; IAR's sentem falta de tensão e abrem

religador lançado entretanto, sendo o disjuntor religado ao fim de 15s

o disjuntor ao religar provoca aparecimento de tensão em VT1, iniciando-se assim a contagem de $t_{c1} = 4s$; ao fim de t_{c1} , é dada ordem de fecho ao

VT1 ($t_{f1} = 3s$), iniciando-se a contagem de $t_{c2} (= 4s)$

como defeito não reapareceu, findo t_{c2} , é dada ordem de fecho ao VT2 ($t_{f2} = 3s$), iniciando-se a contagem de $t_{b2}(3s)$ e $t_{c3}(4s)$

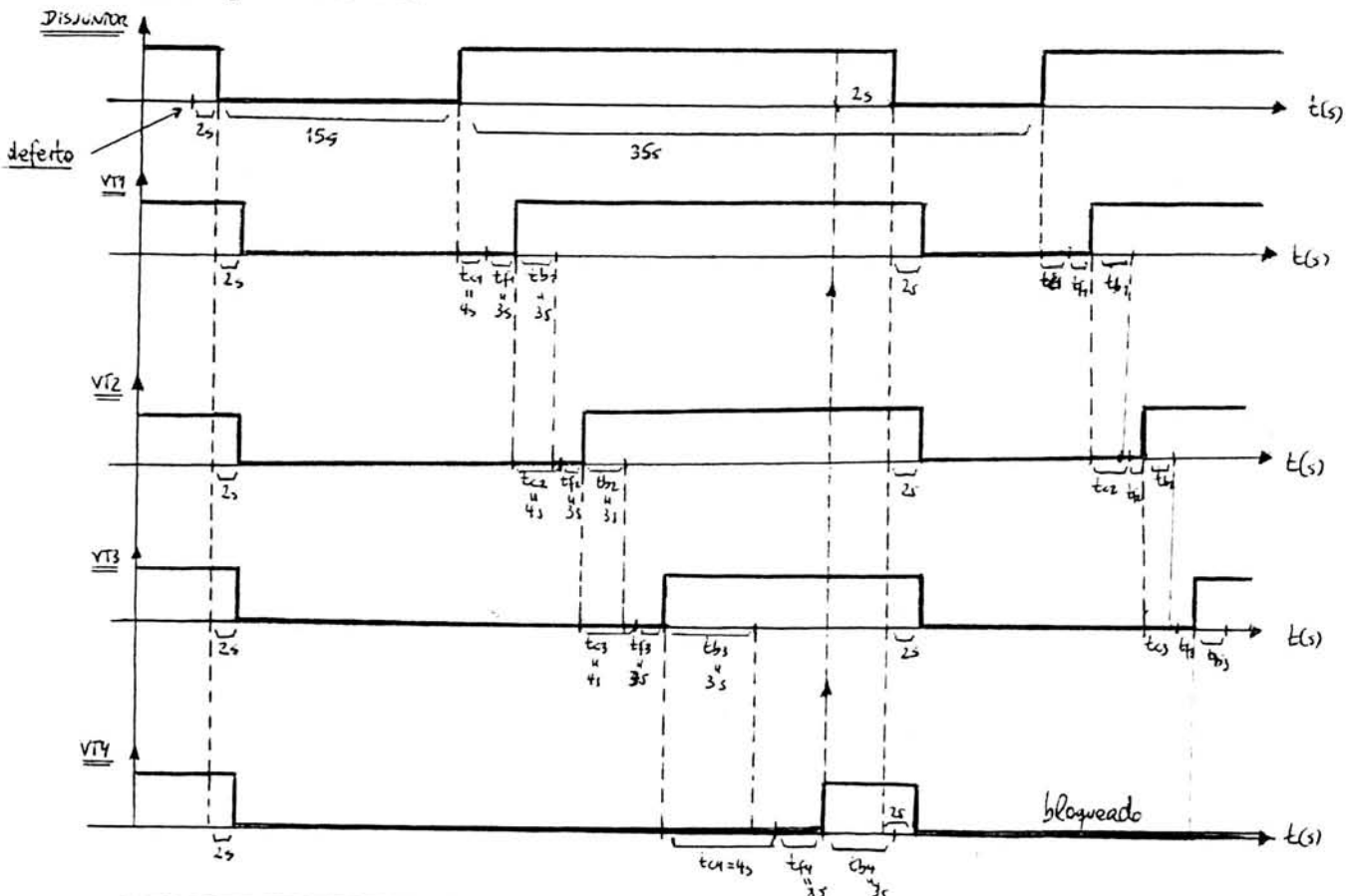
como defeito não reapareceu, findo t_{c3} , é dada ordem de fecho ao VT3 ($t_{f3} = 3s$), iniciando-se a contagem de $t_{b3}(3s)$ e $t_{c4}(4s)$

como defeito não reapareceu, findo t_{c4} , é dada ordem de fecho ao VT4 ($t_{f4} = 3s$), iniciando-se a contagem de $t_{b4}(3s)$

como com o fecho de VT4 o defeito desapareceu, dá-se um novo disparo do disjuntor 2s depois do fecho de VT4 (e portanto ainda durante t_{b4})

2s depois e devido à falta de tensão, IAR's abrem (ficando VT4 bloqueado)

todas estas manobras demoram cerca de 32s desde a 1ª religação $\Rightarrow$ então 35s após a 1ª religação, o religador dá nova ordem de religação ao disjuntor, repetindo-se o ciclo com exceção de ao chegar ao VT4 este se encontrar bloqueado, não ligando novamente sobre o defeito $\Rightarrow$ todo o serviço fica restabelecido à exceção da zona a jusante de VT4



Quadro de comparação de número de interrupções e de duração da
totalidade das interrupções

Troços		Núm. Interrup.	Duração da totalidade das interrupções
1	Ex _S	2	$13+7+3+7=30s$
	Ex _C	2	$13+7+3+7=30s$
2	Ex _S	2	$13+7+3+7=30s$
	Ex _C	2	$13+7+7+3+7+7=44s$
3	Ex _S	2	$13+7+7=27s \rightarrow \text{bloqueio}$
	Ex _C	2	$13+7+7+7+3+7+7+7=58s$
4	Ex _S	2	$13+7+7=27s \rightarrow \text{bloqueio}$
	Ex _C	2	$13+7+7+7+7+7=54s$
5	Ex _S	2	$15+5=20s$
	Ex _C	2	$15+5=20s$

$\left. \begin{array}{l} \text{Ex}_S - \text{antes} \\ \text{Ex}_C - \text{depois} \end{array} \right\}$

Como se pode depreender deste quadro, a introdução de IAR's não eleva o número de interrupções em nenhum dos troços, apenas aumentando a duração das interrupções para os troços 2,3 e 4.

Bibliografia

- "Distribution systems - basic techniques and radial networks" - Billinton, R.
- "Índices de qualidade de serviço em redes de distribuição" - Pereira da Silva, J. L.
- "Definitions of customer and load reliability indices for evaluating electric power system performance" - Working group on performance records for optimizing system design, Power System Engineering Committee
- "Reliability aspects concerning distribution system expansion planning" - Sand, K., Kjolle, G., Bilberg, J.
- "A practical approach for reliability evaluation of distribution networks" - Mäkinen, A., Partanen, J., Lakervi, E., Koivuranta, K.
- "Reliability assessment studies in distribution network operation and planning" - Dialynas, E. N., Papadopoulos, M. P.
- "Probability distributions associated with distribution system reliability indices" - Billinton, R., Wojczynski, E., Rodych, V.
- "Qualidade de serviço e decisões de investimento em redes de distribuição de energia" - Miranda, V.
- "Impacto dos sistemas de supervisão e controle da distribuição na continuidade de serviço da rede" - Penteado Jr, A. A., Senger, E. C., Reis, L. B.
- "A reliability test system for educational purposes - basic distribution system data and results" - Allan, R. N., Billinton, R., Sjarief, I., Goel, L., So, K. S.
- "Dispositivos automáticos para isolamento dos troços defeituosos e reposição do serviço nas redes aéreas de MT" - Barros Moura, P., Pacheco, E.
- "Disjuntores auto-religadores, interruptores auto-seccionadores, interruptores auto-religadores" - EDP DNT-C64-180/E JUN 1981
- "Indicadores de defeitos para cabos isolados" - EDP
- "Indicadores de defeitos em linhas aéreas" - NS 12/88/DSPL 16/JANEIRO



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000101600