



**MITIGAÇÃO DE PROBLEMAS DE DESEMPENHO ENTRE
SISTEMAS AUTÔNOMOS COM TRÁFEGO
ASSIMÉTRICO FOCADA NA INFLUÊNCIA NA TOMADA
DE DECISÃO DO BGP.**

Dr. Márcio de Deus



MITIGAÇÃO DE PROBLEMAS DE DESEMPENHO ENTRE SISTEMAS AUTÔNOMOS COM TRÁFEGO ASSIMÉTRICO FOCADA NA INFLUÊNCIA NA TOMADA DE DECISÃO DO BGP.

Grupo de Pesquisa em Tráfego IP da UnB

Dr. Marcio de Deus – GlobeNet, IFB e UnB

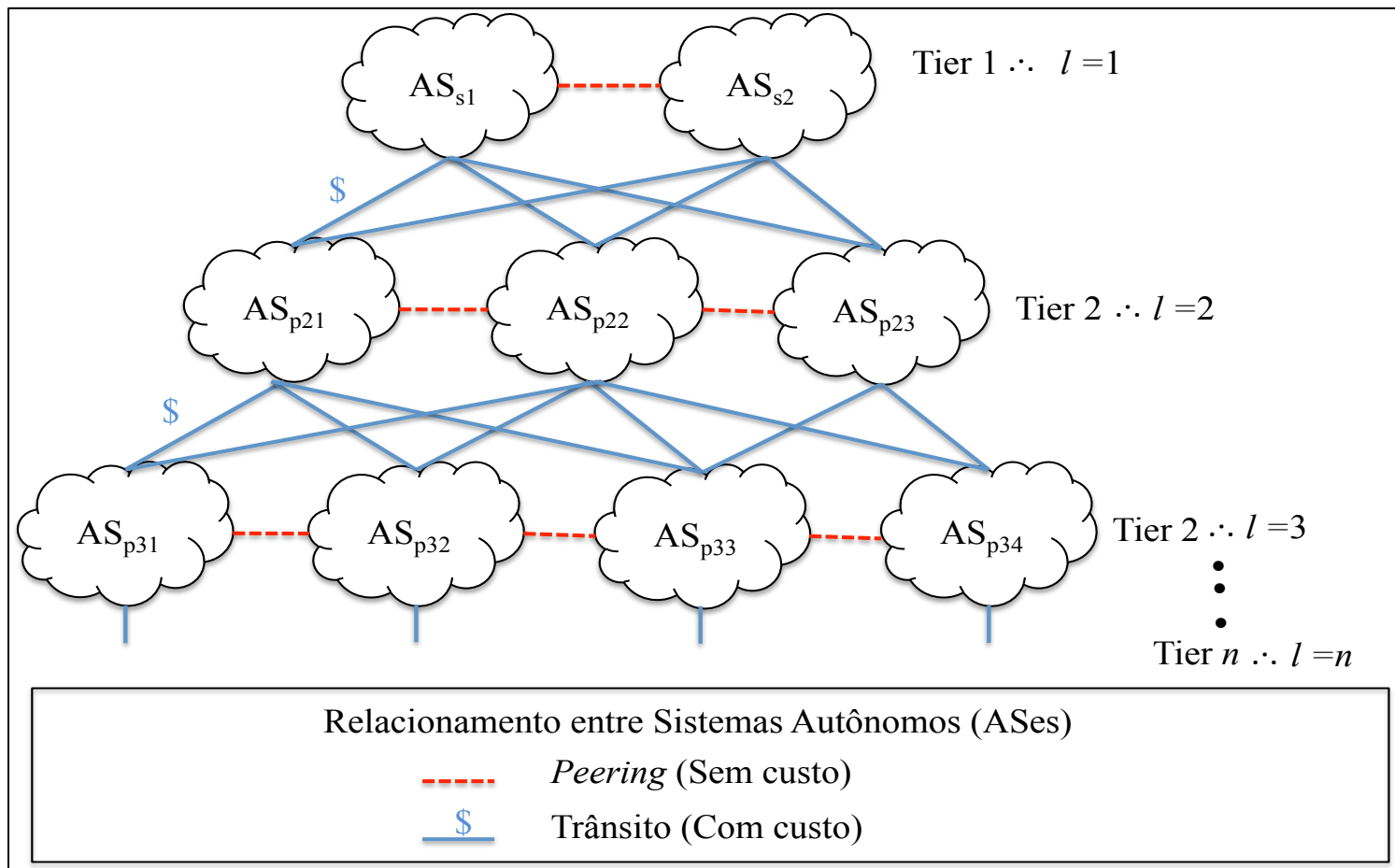
Dr. Paulo H.P. Carvalho – FT/ene/UnB

Dr. João Paulo Leite – FT/ene/UnB

INTRODUÇÃO

DEFINIÇÕES

Relacionamento entre Sistemas Autônomos

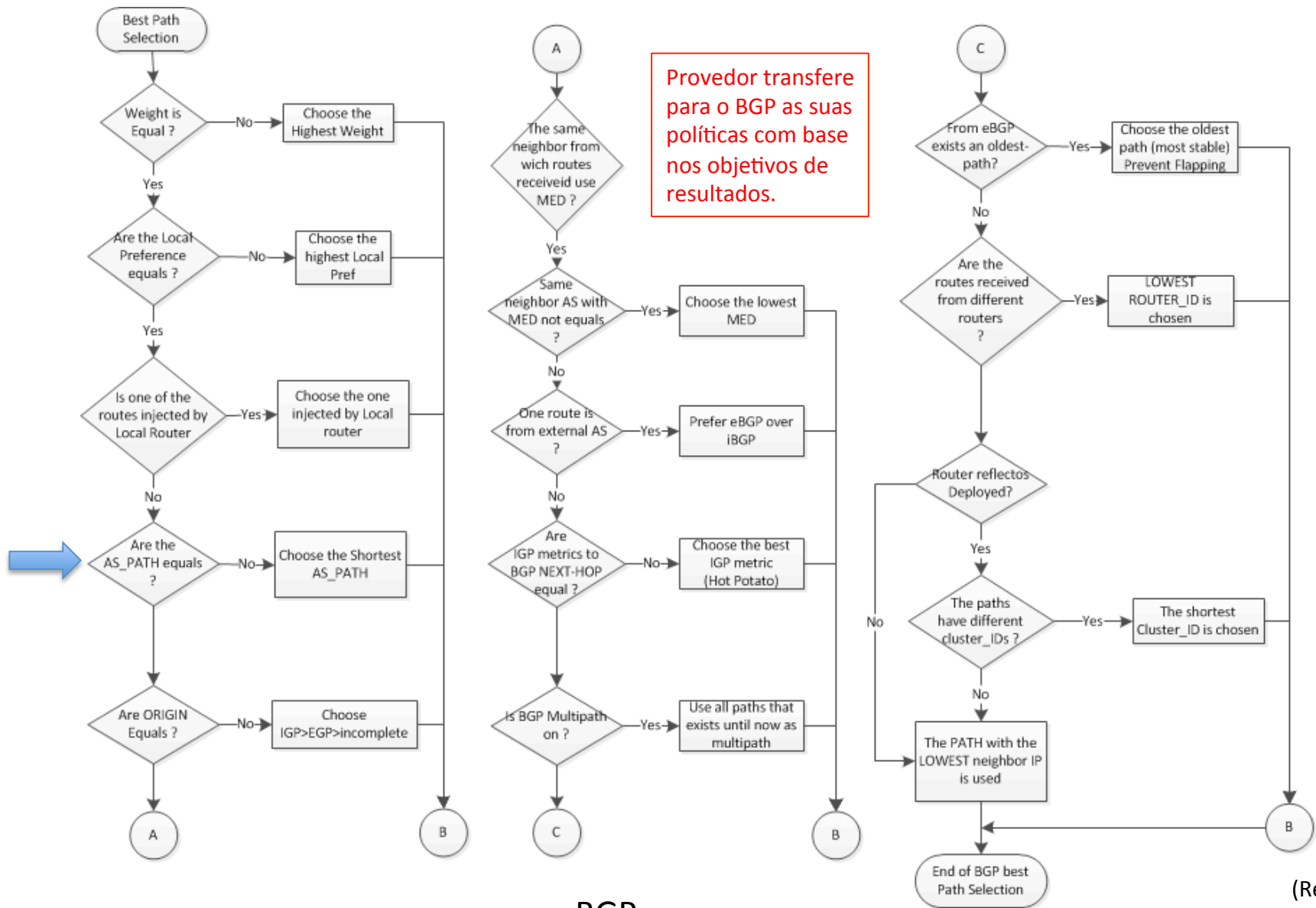


Políticas

A política do sistema autônomo não é autodeterminada pelo BGP.

O BGP é apenas um instrumento de operacionalização das políticas!

Fluxo completo do BGP



BGP

Política de decisão do BGP

Revisão da Política do BGP

- 1- Next-HOP acessível (válido)
- 2- Local Preference (MAIOR LP vence)
- 3- AS Path (MENOR AS Path vence)
- 4- ORIGIN (MENOR ORIGIN (MENOR vence)
- 5- MED (MENOR vence)
- 6- eBGP x iBGP (prefere eBGP à iBGP)
- 7- Métrica IGP até o peer que anunciou o prefixo (MENOR vence)
- 8- Tamanho do Cluster List (MENOR vence)
- 9- Router-ID (MENOR vence)
- 10- Peer-ID (MENOR vence)

(Rekhter, 1995)
(Rekhter, 2006)

A política irá refletir o modelo de negócios do provedor de serviços.

A estratégia do uso do *Prepend*

	Weight	Local Preference	Rotas locais	AS PATH
Weight	<i>wg,wg</i>	<i>wg,lp</i>	<i>wg,rl</i>	<i>wg,as</i>
Local Preference	<i>lp, wg</i>	<i>lp,lp</i>	<i>lp,rl</i>	<i>lp,as</i>
Rotas locais	<i>rl,wg</i>	<i>rl,lp</i>	<i>rl,rl</i>	<i>rl,as</i>
AS PATH	<i>as,wg</i>	<i>as,lp</i>	<i>as,rl</i>	<i>as,as</i>

wg>lp>rl>as

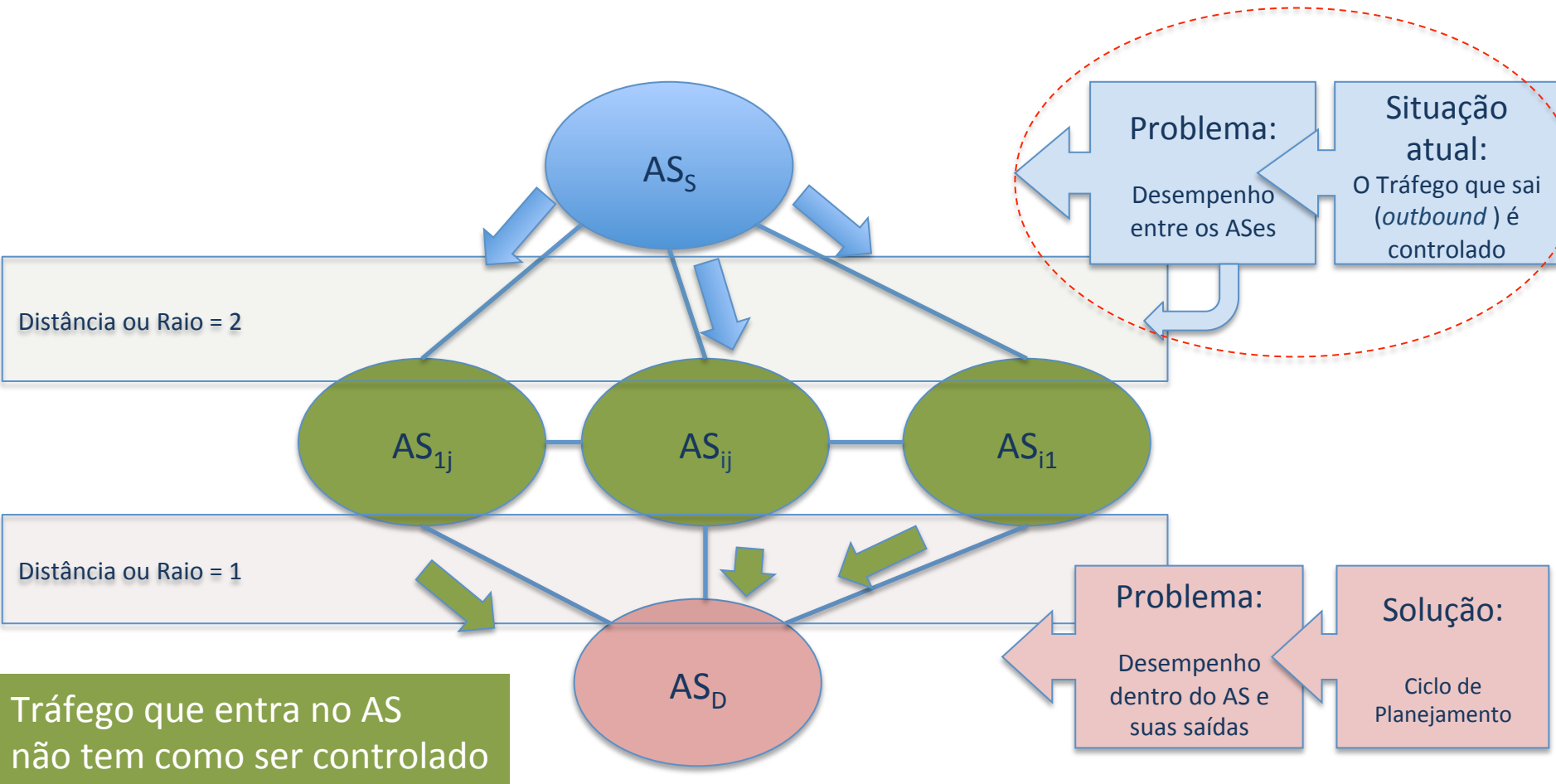
Parâmetro	Codigo	Peso
WEIGHT	wg	2
LOCAL PREF	lp	1
ROTAS LOCAIS	rl	0
AS PATH	ap	-1

Baixa prioridade

ASes têm interesse em aceitar

A definição do problema

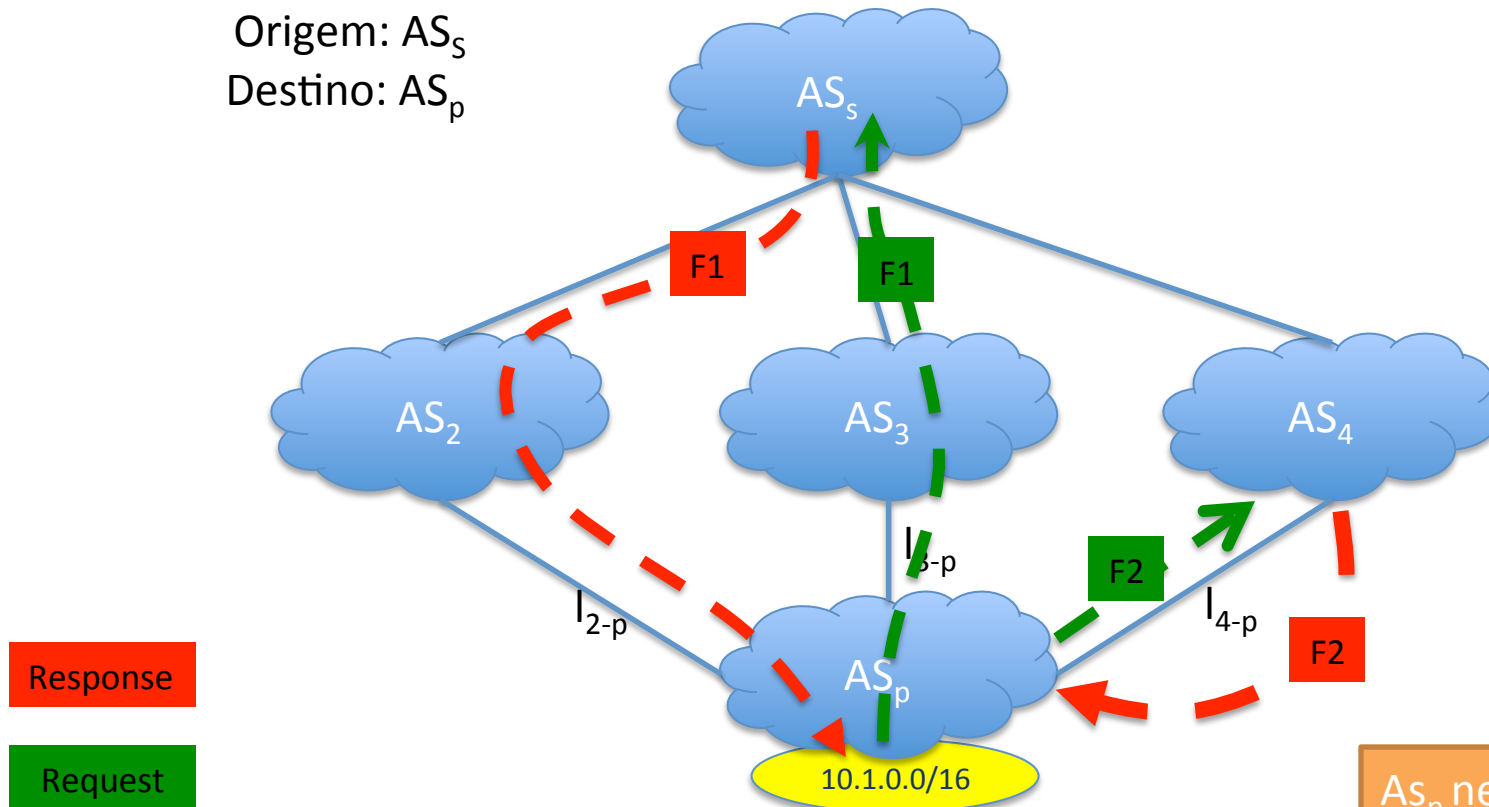
Problemas de desempenho entre sistemas autônomos



O problema da Assimetria do Tráfego

Assimetrias de caminho ou enlace

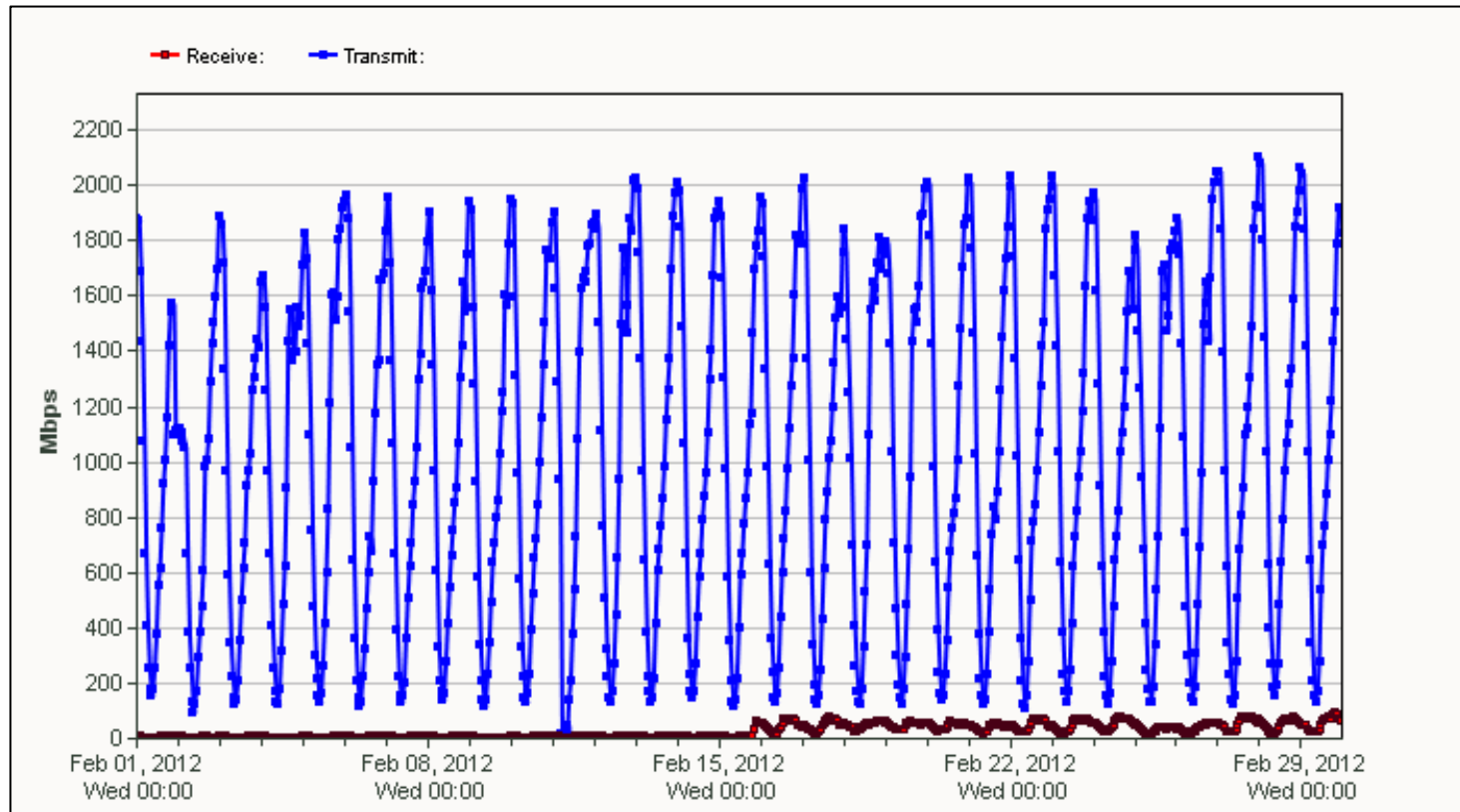
Outbound
Origem: AS_s
Destino: AS_p



É um problema importante na América do Sul e nos Provedores de menor capacidade nos EUA e Europa

AS_p necessita controlar o tráfego no sentido inbound para balancear o tráfego entre l_{2-p} , l_{3-p} e l_{4-p}

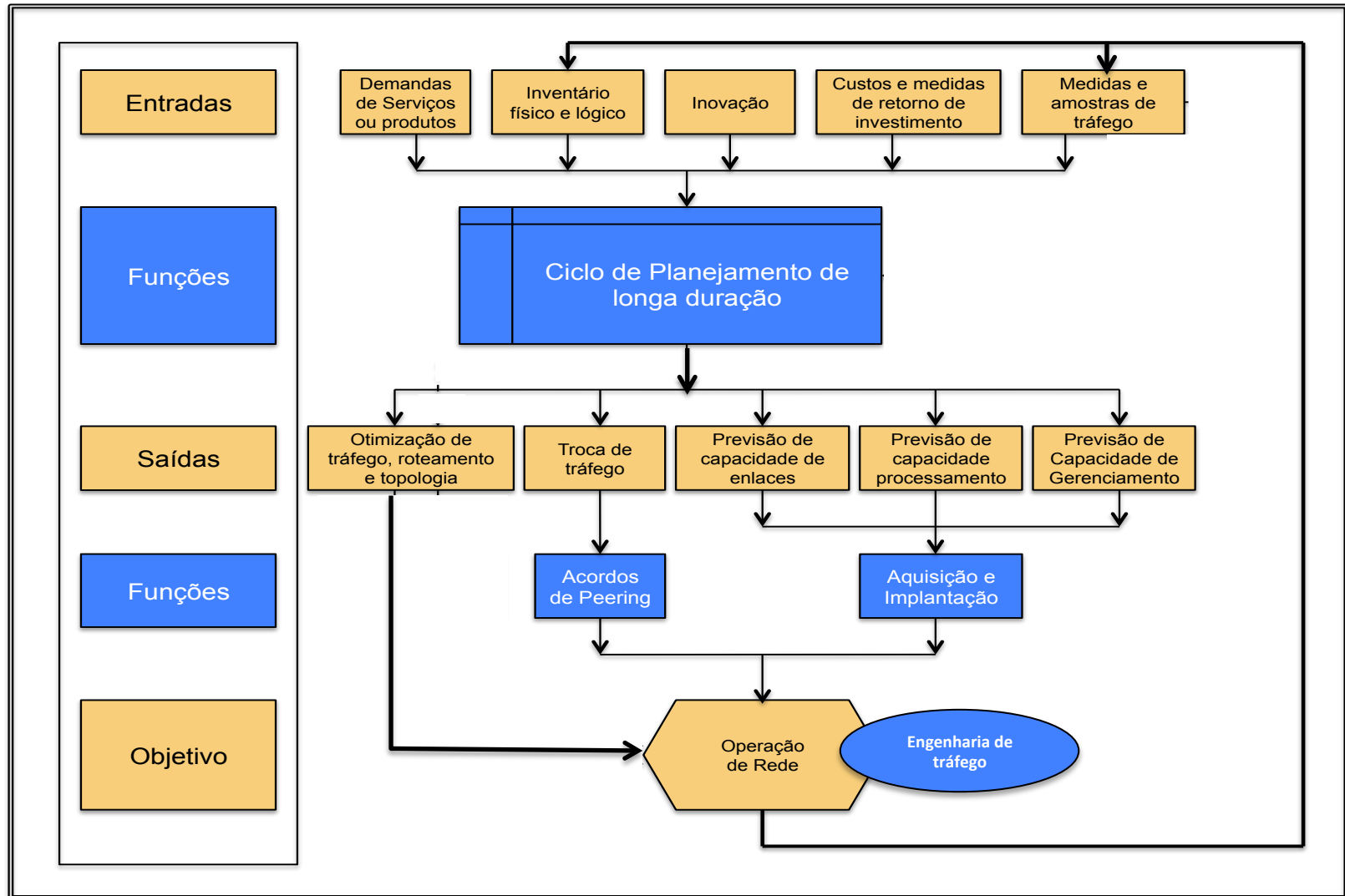
A assimetria de caminho ou de enlace



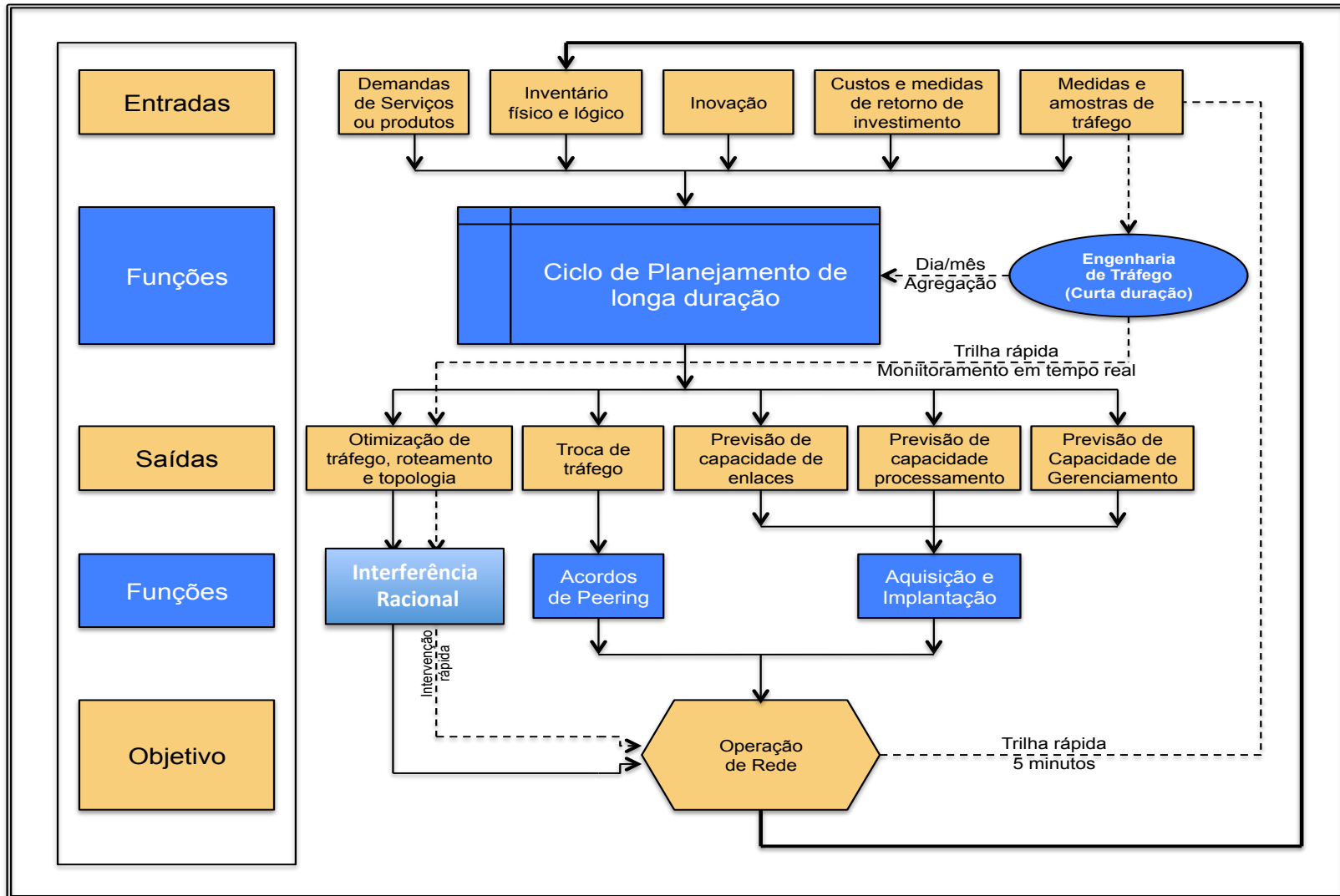
Tráfego real entre os EUA e o Brasil, valores divididos por n , em que $n > 1$ devido a acordo de não declaração de origem NDA - *non-disclosure agreement* . maio, 2012.

Como funciona um Provedor de Serviços

Planejamento de Redes (Atual)



Planejamento de Redes

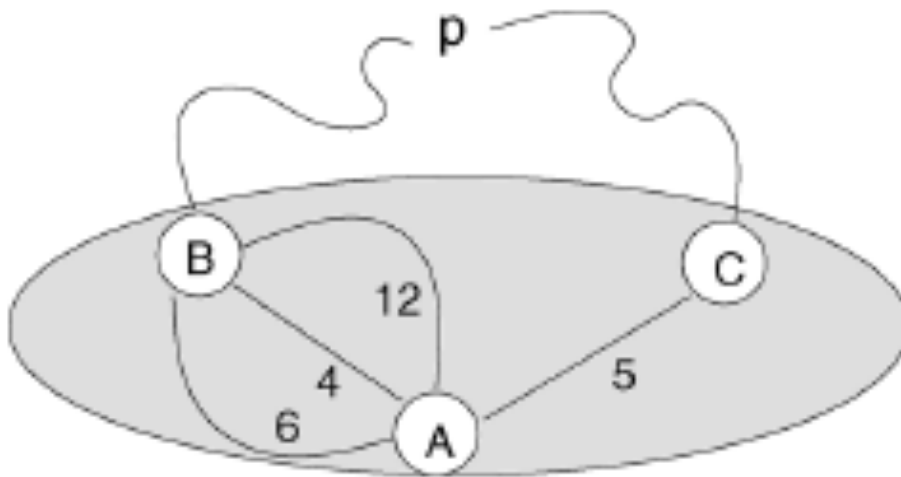


Estado da Arte

Estado da Arte

(Teixeira *et al.* 2007)

TIE Breaking: Tunable Interdomain Egress Selection



Objetivo:

Controlar o roteamento com base no controle dinâmico das métricas de custo dos protocolos iGPs.

$$m = \alpha \cdot d(iGP) + \beta$$

Problemas:

É intrusivo

Controla apenas o tráfego de saída.

Estado da Arte

(Secci *et al.*, 2011)

Peering Equilibrium Multipath Routing: A Game Theory Framework for Internet Peering Settlements

Intrusivo.

Centralizado.

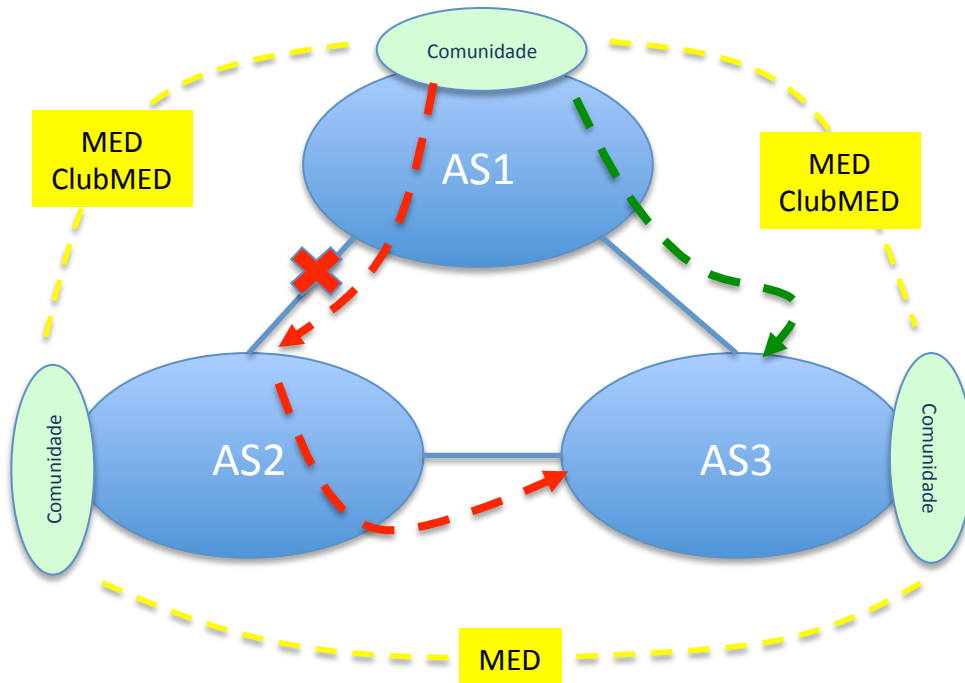
ClubMED: MED.

Apesar de poder ser usado no *Inbound*, a principal intenção é fazer engenharia de tráfego do tráfego que sai do AS (*Egress*).

Problema:

Não resolve as assimetrias.

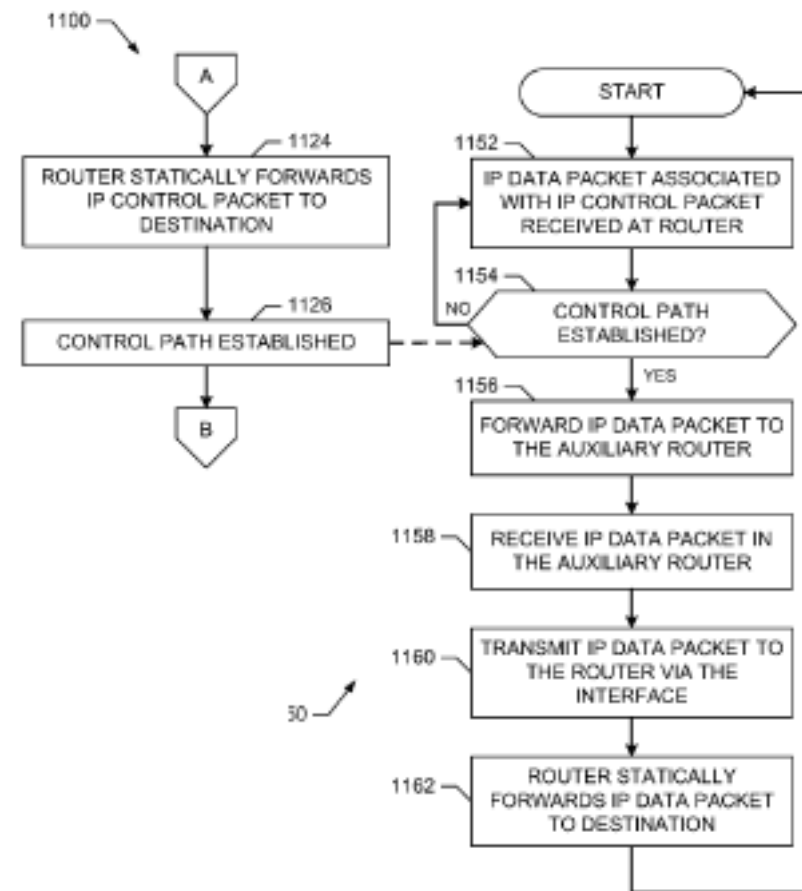
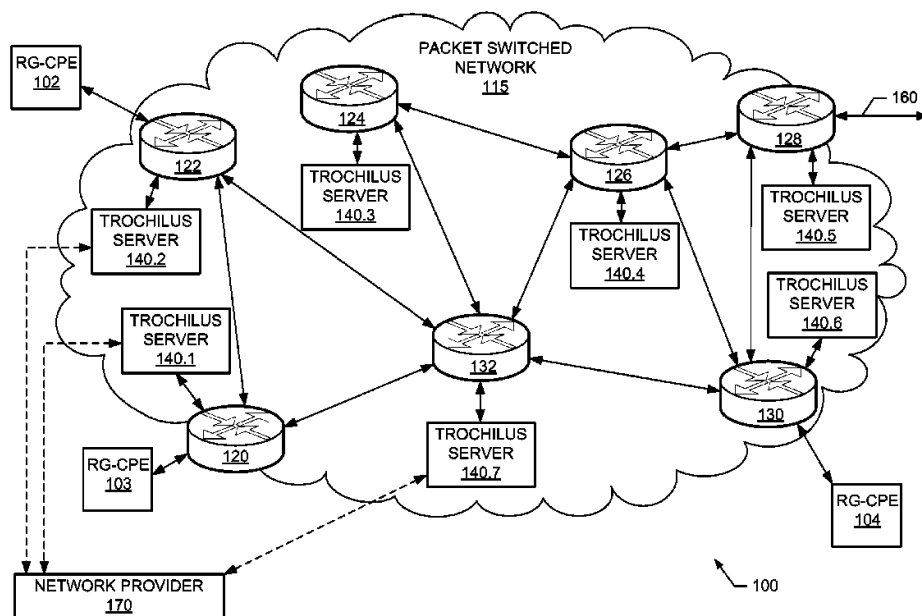
Pouca chance de sucesso devido ao MED.



Estado da Arte

(Ee et al., 2014)

Methods and Apparatus to Distribute Network IP Traffic.



Solução intrusiva de controle do tráfego

Problema:

Apenas o Egress/Outbound

Proposta de Solução

Possibilidades de Solução

- Solução não intrusiva: sem a modificação nos protocolos e sistemas existentes. Domínio do ambiente através da caracterização. Uso do conhecimento especialista. Previsibilidade.
- Solução intrusiva: com a modificação nos protocolos e forma de interação entre os sistemas autônomos. Sem compatibilidade com os demais.
- Solução semi-intrusiva: modificação no protocolo apenas para aquele que venha a aderir a solução, porém mantendo compatibilidade com os demais.

Proposta de solução não intrusiva

A interferência racional

Qual é o problema?

- Conhecimento especialista usado empiricamente.
- O ambiente da rede ou do tráfego não é caracterizado.
- Sem garantia de efetividade na primeira tentativa.
- As tentativas podem levar à instabilidade.

Solução proposta (A interferência racional)

- Conhecimento especialista é usado como suporte à tomada de decisão.
- A rede e o tráfego são caracterizados.
- A tomada de decisão deve levar a uma única tentativa.
- As condições operacionais devem ser melhores que as anteriores.
- Previsibilidade.

A INTERFERÊNCIA RACIONAL

(Solução não intrusiva)

Ensaio

(389 ciclos completos em uma rede real)

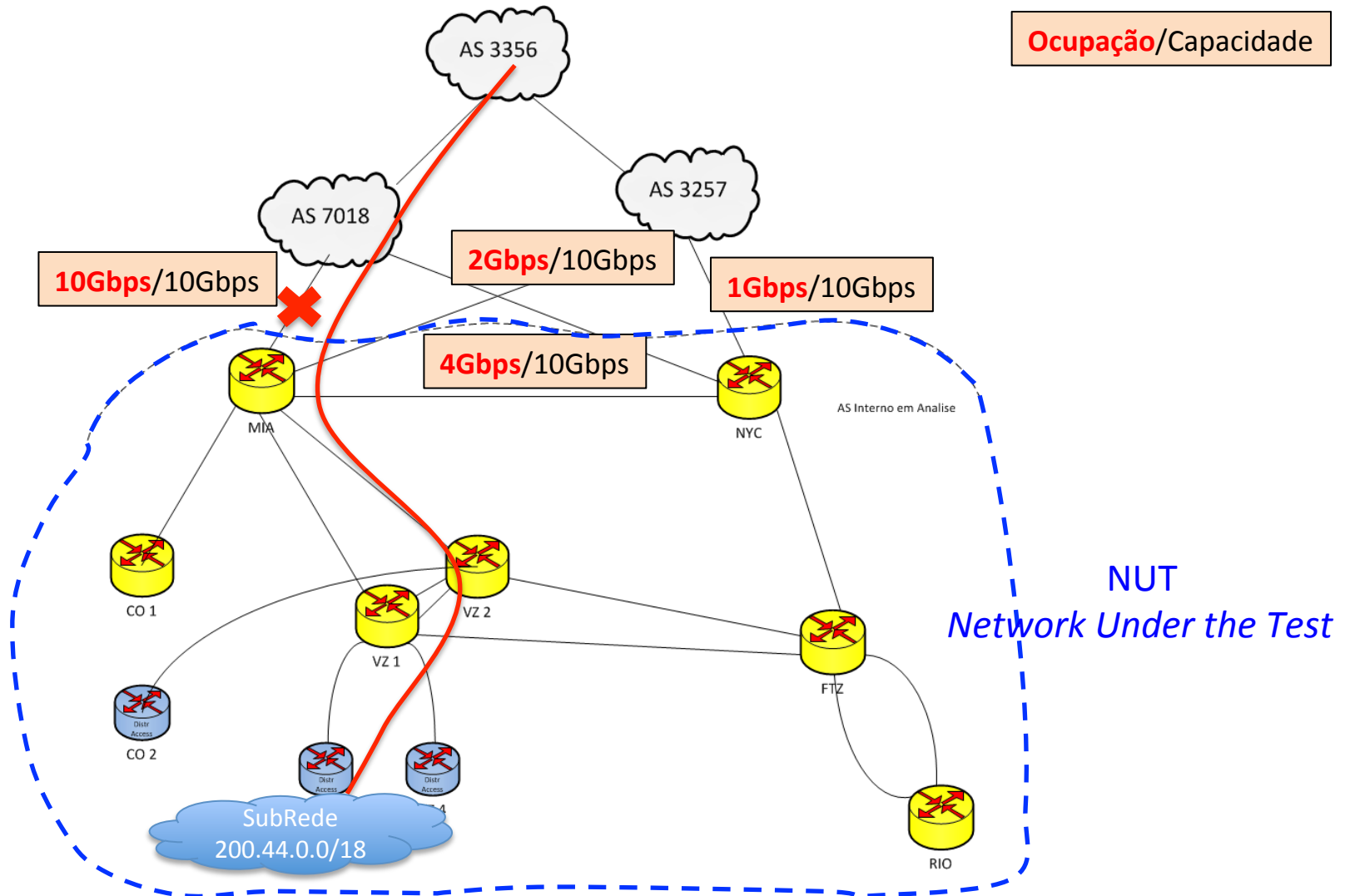
130 ciclos com o uso da solução atual (No Cycle)

136 ciclos com o uso incompleto da solução proposta (Partial)

124 ciclos com o uso da solução completa (Cycle)

Congestionamento detectado

Um ciclo completo (1/389)



Ciclo completo

Caracterização: Rede

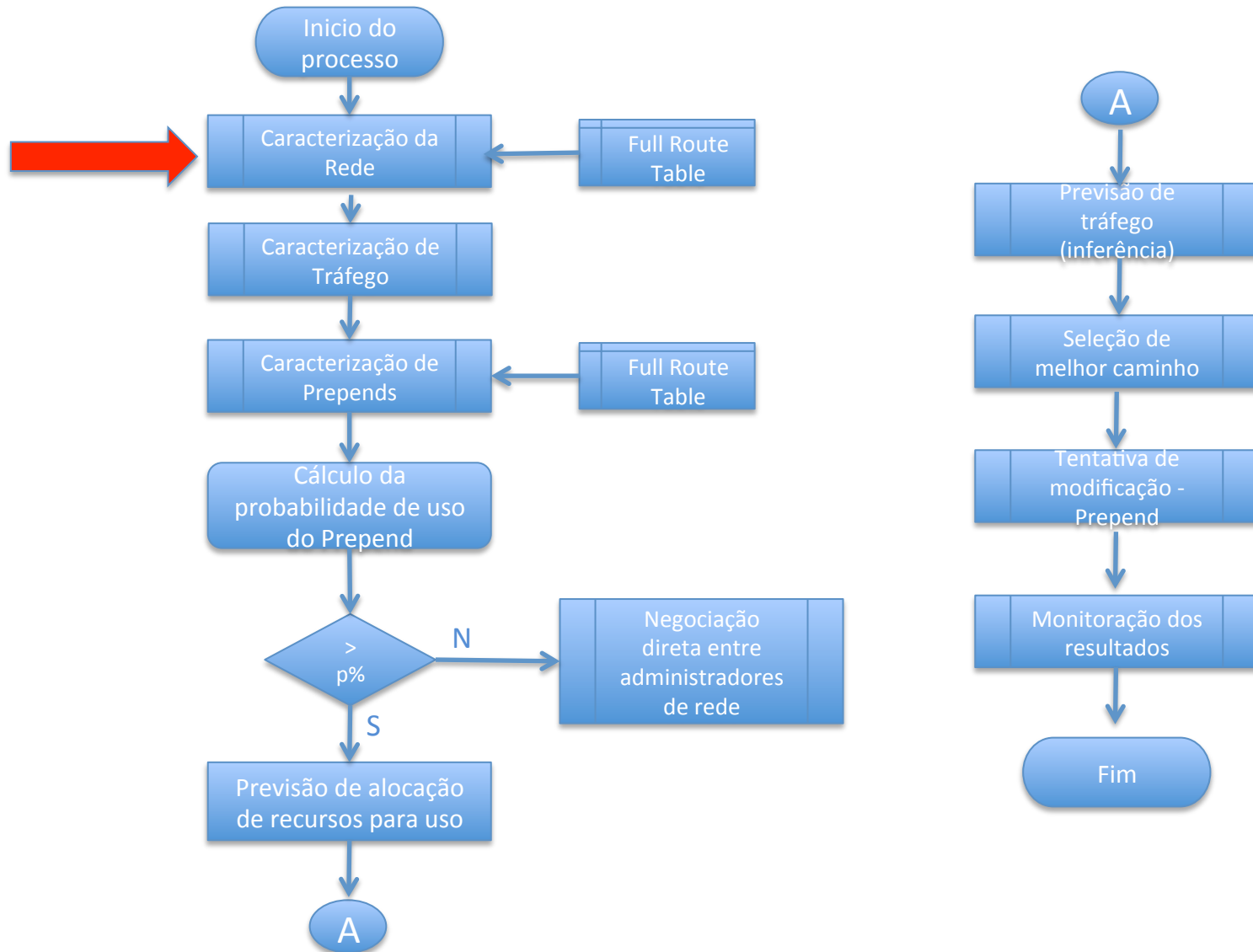


Tabela de roteamento *full routing*

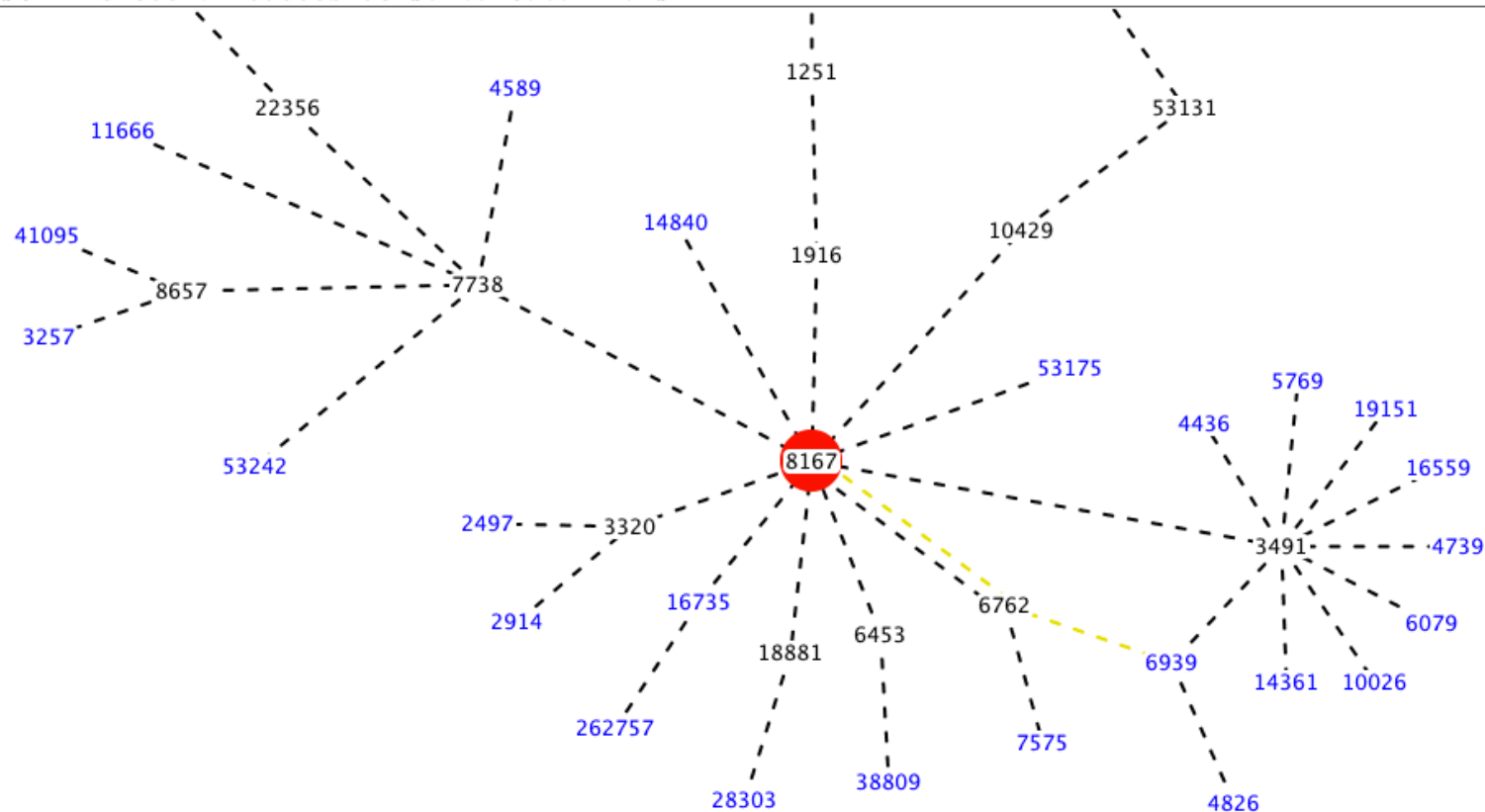
* 8.36.77.0/24	208.51.134.246	13237	0	0	3549 46887 133117 i
* 8.36.77.0/24	147.28.7.2	0	0	0	3130 6939 46887 133117 i
* 8.36.77.0/24	80.91.255.62	0	0	0	1299 6939 6939 46887 133117 i
* 8.36.77.0/24	216.221.157.162	0	0	0	40191 6939 46887 133117 i
* 8.36.77.0/24	216.218.252.164	0	0	0	6939 46887 133117 i
* 8.36.96.0/21	194.153.0.253	1000	0	0	5413 1299 3549 i
* 8.36.96.0/21	134.222.87.1	0	0	0	286 3549 i
* 8.36.96.0/21	85.114.0.217	0	0	0	8492 20485 3549 i
* 8.36.96.0/21	198.129.33.85	0	0	0	293 3549 i
* 8.36.96.0/21	66.185.128.1	0	0	0	1668 3356 3549 i
* 8.36.96.0/21	129.250.0.11	6	0	0	2914 3549 i
* 8.36.96.0/21	157.130.10.233	0	0	0	701 3549 i
* 8.36.96.0/21	167.142.3.6	0	0	0	5056 1239 3549 i
* 8.36.96.0/21	12.0.1.63	0	0	0	7018 3549 i
* 8.36.96.0/21	216.221.157.162	0	0	0	40191 3257 3549 i
* 8.36.96.0/21	4.69.184.193	0	0	0	3356 3549 i
* 8.36.96.0/21	68.67.63.245	0	0	0	22652 6453 3549 i
* 8.36.96.0/21	216.218.252.164	0	0	0	6939 3549 i
* 8.36.96.0/21	203.181.248.168	0	0	0	7660 2516 3549 i
* 8.36.96.0/21	206.24.210.80	0	0	0	3561 3356 3549 i
* 8.36.96.0/21	89.149.178.10	10	0	0	3257 3549 i
* 8.36.96.0/21	96.4.0.55	0	0	0	11686 3356 3549 i
* 8.36.96.0/21	195.22.216.188	100	0	0	6762 3549 i
* 8.36.96.0/21	154.11.98.225	0	0	0	852 2914 3549 i
* 8.36.96.0/21	216.18.31.102	0	0	0	6539 577 3549 i
* 8.36.96.0/21	144.228.241.130	0	0	0	1239 3549 i
* 8.36.96.0/21	147.28.7.1	0	0	0	3130 2914 3549 i
* 8.36.96.0/21	168.209.255.23	0	0	0	3741 3356 3549 i
* 8.36.96.0/21	137.164.16.84	0	0	0	2152 3356 3549 i
* 8.36.96.0/21	203.62.252.186	0	0	0	1221 4637 3549 i
* 8.36.96.0/21	67.17.82.114	2593	0	0	3549 i
* 8.36.96.0/21	202.232.0.3	0	0	0	2497 3356 3549 i
* 8.36.96.0/21	213.144.128.203	1	0	0	13030 2828 3549 i
* 8.36.96.0/21	208.51.134.246	13813	0	0	3549 i
* 8.36.96.0/21	147.28.7.2	0	0	0	3130 1239 3549 i
* 8.36.96.0/21	80.91.255.62	0	0	0	1299 3549 i
* 8.36.114.0/23	194.153.0.253	1015	0	0	5413 3356 19012 i
* 8.36.114.0/23	134.222.87.1	0	0	0	286 3356 19012 i
* 8.36.114.0/23	85.114.0.217	0	0	0	8492 20485 3356 19012 i
* 8.36.114.0/23	198.129.33.85	0	0	0	293 6939 1299 3356 19012 i
* 8.36.114.0/23	157.130.10.233	0	0	0	701 3356 19012 i
* 8.36.114.0/23	129.250.0.11	7	0	0	2914 3356 19012 i

Prepend
Aumento artificial
do raio

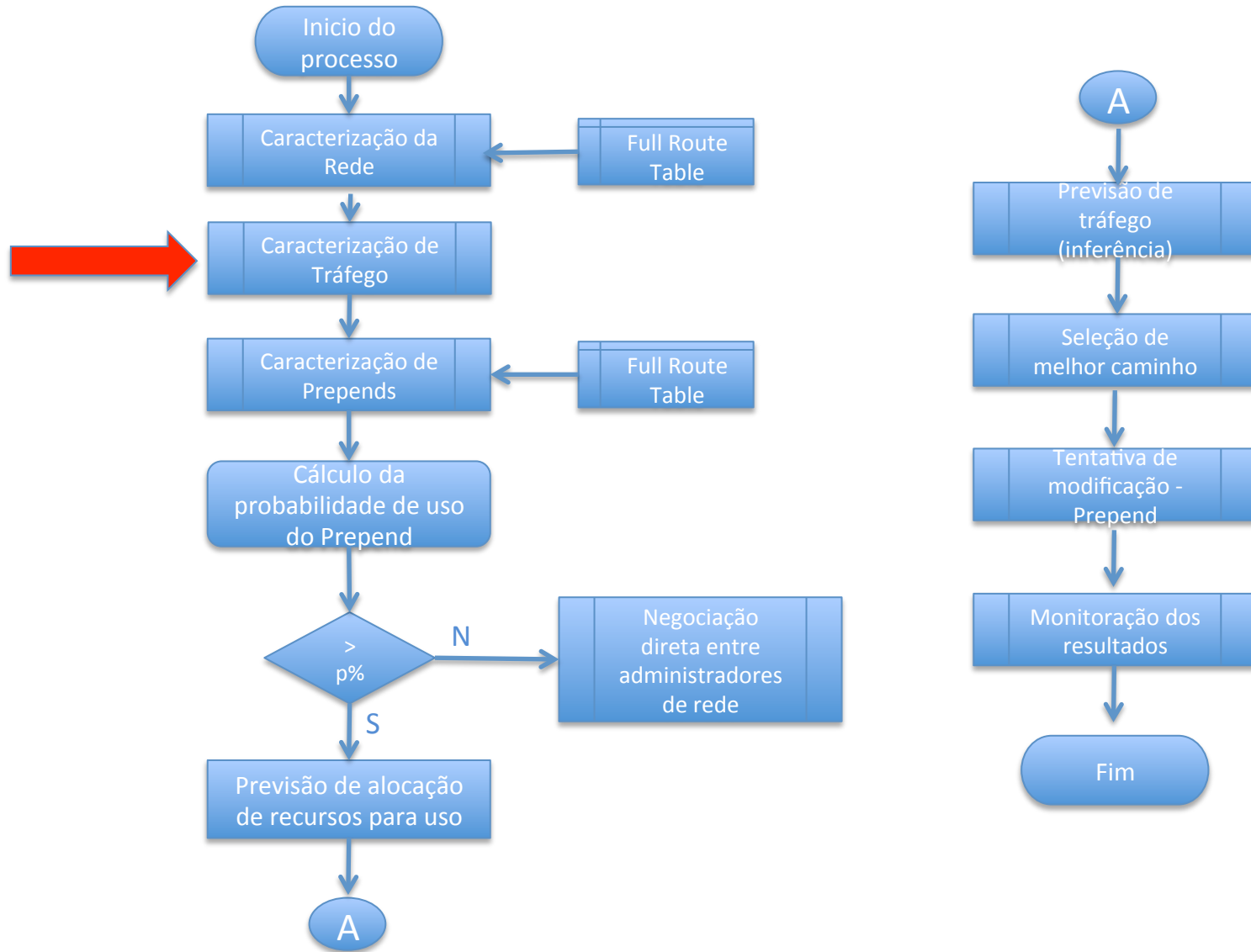
Visão de rede por bloco divulgado

AS8167 TEDESC - Telecomunicacoes de Santa Catarina SA

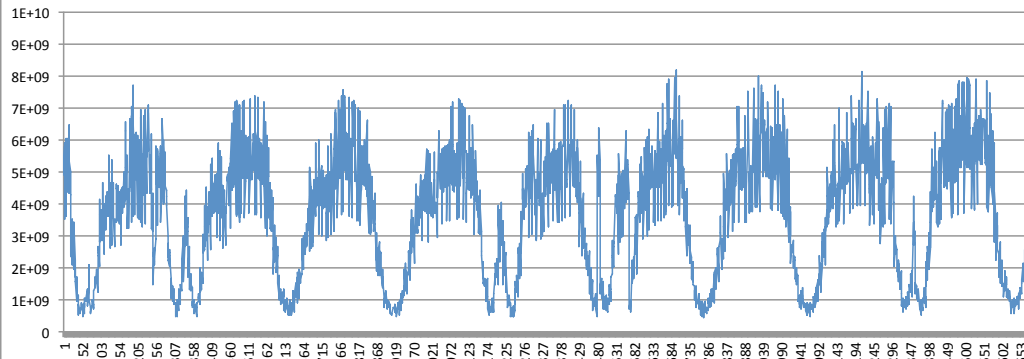
2012-10-24 03:41:00



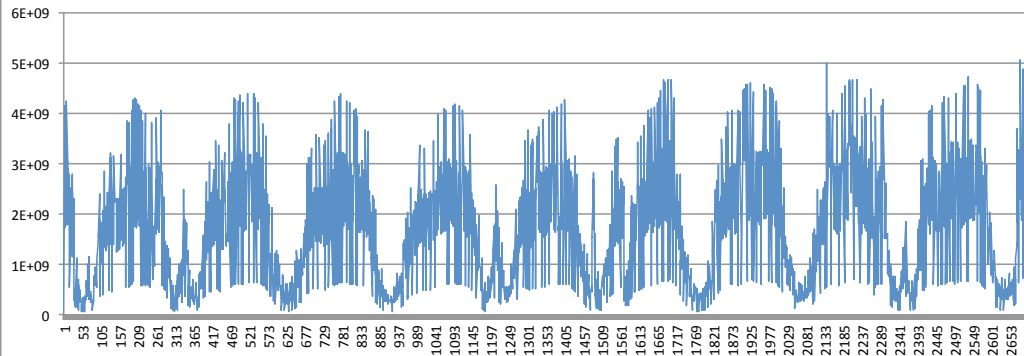
Caracterização: Rede



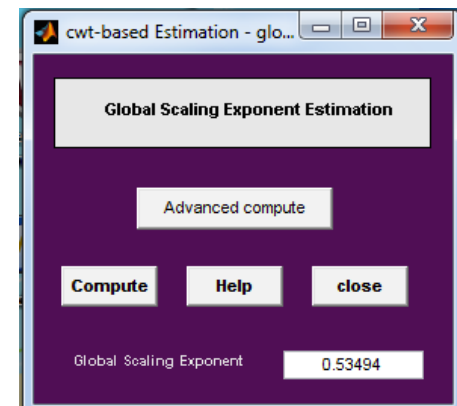
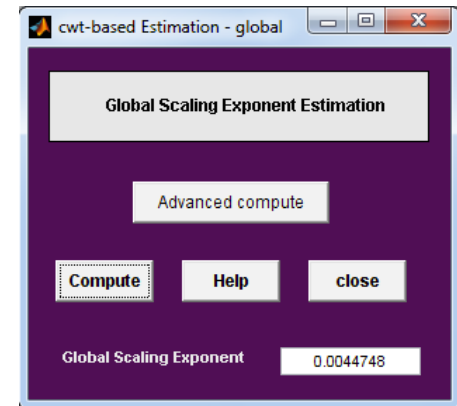
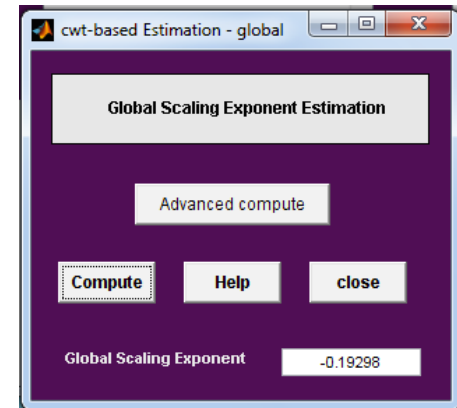
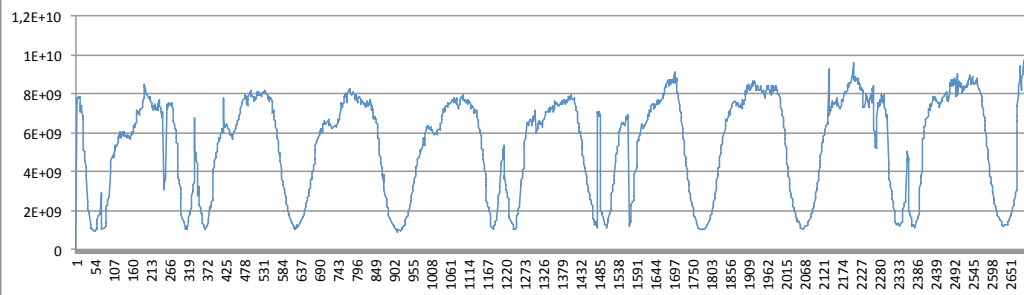
Trafego direcionado para as demais subredes



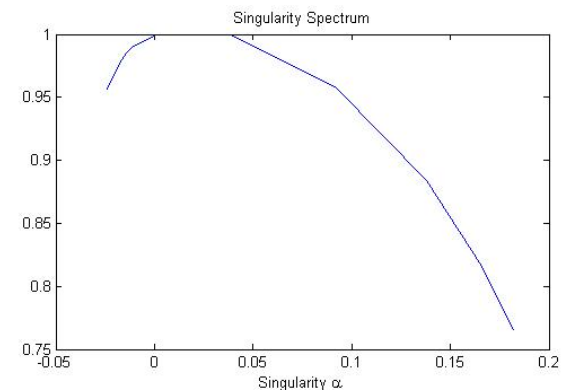
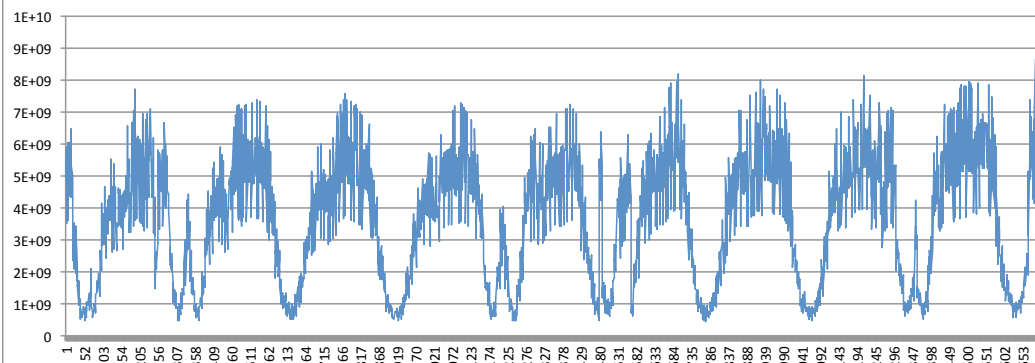
Trafego direcionado para a subrede 200.44.0.0/18



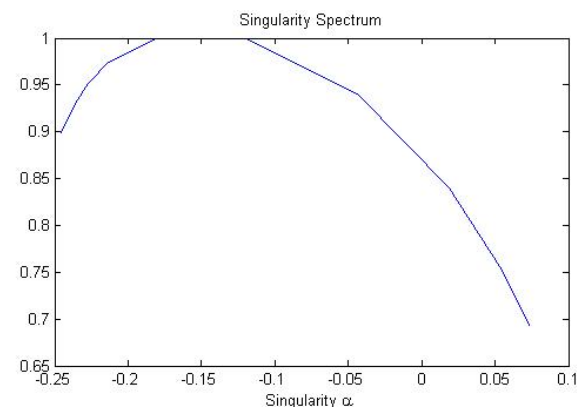
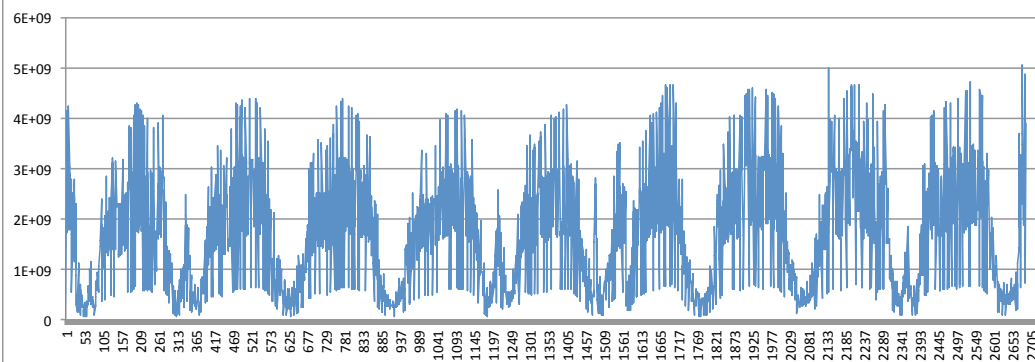
**Interface Utilization Device: CR1-MIA1 - Interface: ae1 to ATT MIA, -
10/01/2013 00:00:00 - 10/10/2013 24:00:00**



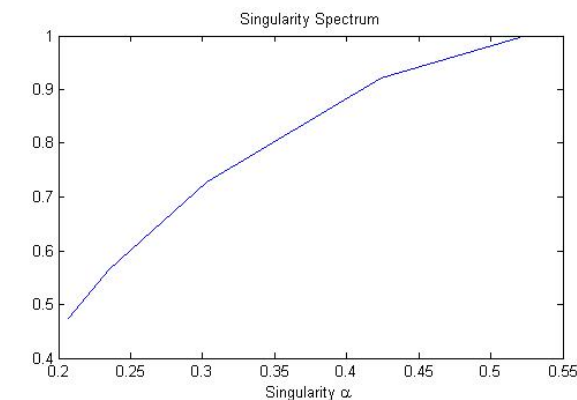
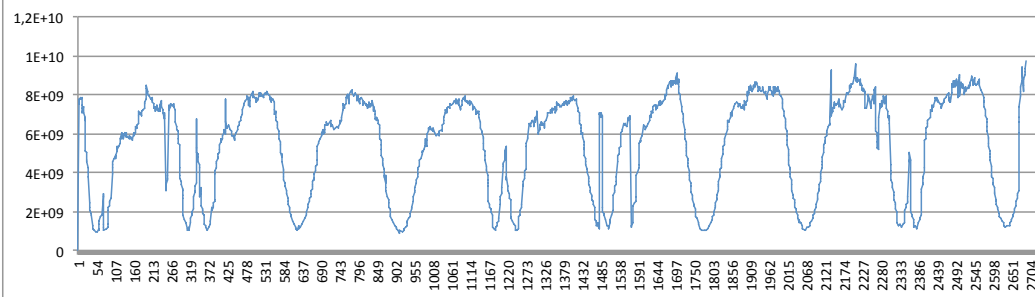
Trafego direcionado para as demais subredes



Trafego direcionado para a subrede 200.44.0.0/18



**Interface Utilization Device: CR1-MIA1 - Interface: ae1 to ATT MIA, -
10/01/2013 00:00:00 - 10/10/2013 24:00:00**



As amostras são Gaussianas (200 amostras)

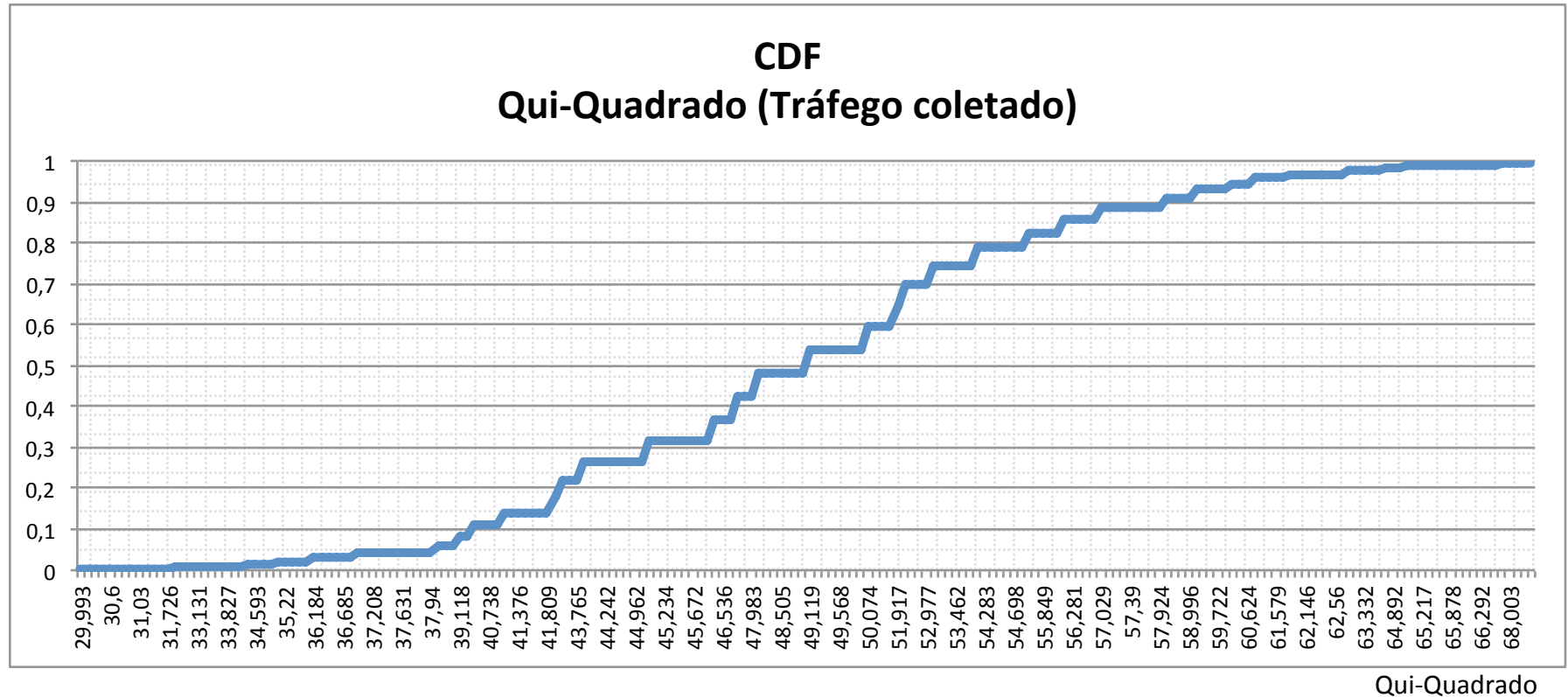
Evento	Hurst		Hölder	Qui-Quadrado
	Variance time-plot	Kettani-Gubner		Distribuição Gaussiana
1	0,87	0,974	1,049	40,233
2	0,916	0,86	0,835	41,376
3	0,937	0,789	0,588	61,731
4	0,87	0,901	0,832	30,251
5	0,743	0,571	0,751	47,413
6	0,938	0,583	0,48	68,273
7	0,973	0,509	0,63	60,374
8	0,872	0,825	0,661	35,476
9	0,547	0,793	1,031	61,579
10	0,592	0,559	0,964	32,316
11	0,733	0,53	0,453	33,859
12	0,528	0,628	0,377	51,917
13	0,632	0,862	0,675	66,292
14	0,659	0,557	0,756	37,94
15	0,828	0,947	0,637	66,42
16	0,719	0,559	0,917	52,543
17	0,751	0,67	0,556	36,184
18	0,603	0,827	0,695	62,155
19	0,894	0,491	0,653	59,007
20	0,832	0,493	1,065	65,217
21	0,719	0,525	0,913	63,797
22	0,522	0,45	0,711	63,155
23	0,978	0,959	0,823	54,362
24	0,665	0,597	1,053	59,958
25	0,766	0,567	0,559	43,07
26	0,652	0,5	0,377	62,36
27	0,612	0,891	0,742	30,299
28	0,584	0,737	0,618	33,95
29	0,548	0,867	0,778	58,393
30	0,633	0,612	0,663	54,913
31	0,578	0,865	0,501	42,111
32	0,605	0,65	0,386	53,78
33	0,677	0,533	0,5	59,146
34	0,965	0,829	0,997	40,841
35	0,596	0,713	0,587	57,216
36	0,975	0,734	0,749	57,623
37	0,813	0,753	1,033	49,568
38	0,803	0,556	0,662	68,306
39	0,896	0,922	0,341	50,307
40	0,826	0,648	0,44	31,628
41	0,931	0,633	0,916	68,048
42	0,698	0,539	0,653	57,924
43	0,823	0,719	0,472	63,276
44	0,626	0,688	0,716	34,388
45	0,594	0,722	0,731	40,703
46	0,846	0,791	0,92	34,656
47	0,765	0,825	0,447	54,379
48	0,663	0,755	0,641	31,03
49	0,608	0,736	0,479	48,286
50	0,728	0,899	0,497	68,003

51	0,909	0,883	0,338	36,654
52	0,604	0,502	0,683	36,281
53	0,877	0,716	0,405	56,723
54	0,688	0,638	0,345	55,727
55	0,538	0,935	0,588	45,234
56	0,694	0,870	0,917	44,242
57	0,981	0,543	0,751	66,878
58	0,987	0,881	0,365	62,132
59	0,603	0,625	0,565	50,197
60	0,974	0,879	0,974	43,765
61	0,646	0,908	0,936	57,801
62	0,705	0,718	0,847	36,685
63	0,68	0,842	0,777	34,144
64	0,636	0,846	0,722	33,855
65	0,805	0,902	0,974	37,522
66	0,688	0,497	1,015	46,024
67	0,643	0,743	0,385	45,654
68	0,913	0,987	0,478	53,404
69	0,908	0,825	0,806	35,118
70	0,746	0,646	0,836	66,167
71	0,585	0,595	1,026	31,726
72	0,774	0,972	0,849	66,186
73	0,573	0,733	1,04	57,477
74	0,838	0,781	0,558	37,659
75	0,515	0,703	0,645	57,454
76	0,581	0,513	0,821	30,6
77	0,781	0,525	0,725	53,467
78	0,625	0,587	0,969	37,939
79	0,618	0,587	0,543	37,4
80	0,563	0,558	0,911	33,131
81	0,982	0,716	0,358	57,167
82	0,829	0,987	0,588	62,017
83	0,844	0,987	0,654	45,915
84	0,513	0,774	0,842	37,059
85	0,569	0,87	1,033	54,106
86	0,977	0,621	0,915	30,059
87	0,613	0,815	0,489	58,868
88	0,962	0,801	0,386	41,401
89	0,682	0,902	1,024	61,438
90	0,609	0,658	0,591	52,086
91	0,855	0,72	0,486	46,656
92	0,776	0,766	0,853	35,063
93	0,807	0,614	0,419	36,961
94	0,743	0,670	0,788	41,809
95	0,661	0,936	0,904	34,94
96	0,876	0,725	0,532	34,504
97	0,517	0,572	0,739	63,332
98	0,788	0,825	0,904	54,218
99	0,602	0,765	0,853	44,78
100	0,935	0,752	0,621	37,436

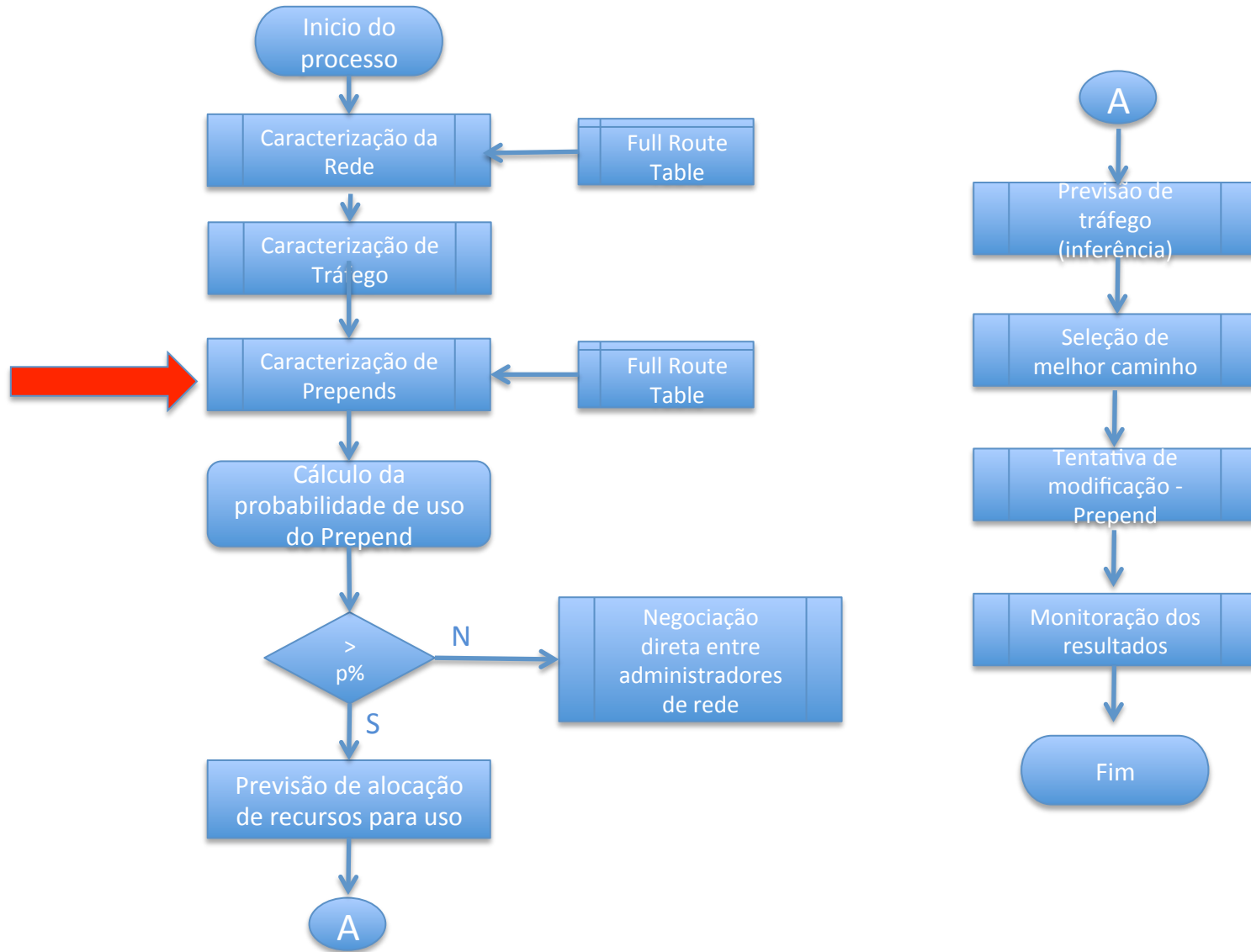
101	0,718	0,659	0,415	37,208
102	0,628	0,822	0,796	60,624
103	0,549	0,516	1,019	45,972
104	0,558	0,658	0,481	46,874
105	0,656	0,619	0,391	56,551
106	0,919	0,513	0,557	64,905
107	0,522	0,51	0,429	35,547
108	0,981	0,66	0,415	63,775
109	0,774	0,937	0,605	44,137
110	0,874	0,598	0,878	61,676
111	0,876	0,576	0,376	46,536
112	0,658	0,89	0,674	56,224
113	0,742	0,483	1,018	45,67
114	0,517	0,544	0,38	45,403
115	0,731	0,63	0,925	35,22
116	0,569	0,826	0,863	62,825
117	0,751	0,884	0,978	57,39
118	0,983	0,912	0,483	44,598
119	0,558	0,859	0,503	36,509
120	0,569	0,719	0,509	48,562
121	0,595	0,844	0,419	48,505
122	0,739	0,658	0,42	57,228
123	0,746	0,679	0,392	59,327
124	0,914	0,618	0,479	53,366
125	0,655	0,681	0,475	44,886
126	0,942	0,598	0,477	62,146
127	0,583	0,547	0,993	65,457
128	0,582	0,738	0,558	50,074
129	0,831	0,838	0,632	33,419
130	0,839	0,532	0,435	37,631
131	0,844	0,7	0,978	53,462
132	0,685	0,865	0,518	36,437
133	0,684	0,987	0,702	49,464
134	0,808	0,691	0,863	41,531
135	0,848	0,888	0,951	40,738
136	0,8	0,511	0,889	41,051
137	0,863	0,717	0,417	64,147
138	0,702	0,751	1,013	45,188
139	0,784	0,709	0,376	33,022
140	0,543	0,867	0,891	41,809
141	0,725	0,493	1,014	54,598
142	0,876	0,842	0,519	55,999
143	0,692	0,614	0,362	49,446
144	0,677	0,907	0,582	31,393
145	0,933	0,619	0,702	47,563
146	0,685	0,634	0,66	58,308
147	0,68	0,888	0,702	49,872
148	0,957	0,625	0,896	31,204
149	0,987	0,649	0,594	48,558
150	0,662	0,574	0,617	55,99

151	0,892	0,775	0,451	49,543
152	0,958	0,512	0,982	30,746
153	0,817	0,715	0,551	62,56
154	0,727	0,755	0,664	41,328
155	0,619	0,814	0,34	37,825
156	0,777	0,653	0,885	63,338
157	0,851	0,894	0,8	30,703
158	0,705	0,551	0,599	55,161
159	0,568	0,863	0,511	66,539
160	0,64	0,567	0,749	65,29
161	0,682	0,599	0,694	59,606
162	0,618	0,933	0,772	52,972
163	0,947	0,641	0,752	49,785
164	0,656	0,871	0,859	44,861
165	0,72	0,73	0,521	65,771
166	0,527	0,817	0,606	47,308
167	0,703	0,623	0,592	33,927
168	0,967	0,537	0,717	30,71
169	0,779	0,701	0,9	38,371
170	0,569	0,555	0,708	58,296
171	0,794	0,586	0,836	35,254
172	0,649	0,986	0,714	66,025
173	0,643	0,602	0,562	53,427
174	0,952	0,69	0,922	56,527
175	0,677	0,64	0,777	46,23
176	0,891	0,583	0,476	54,623
177	0,867	0,628	0,958	65,085
178	0,845	0,602	0,544	41,6
179	0,91	0,805	0,902	50,611
180	0,675	0,748	0,46	39,261
181	0,728	0,818	0,457	37,195
182	0,613	0,698	0,714	44,117
183	0,775	0,724	0,91	48,368
184	0,567	0,375	0,436	66,018
185	0,975	0,507	0,789	59,722
186	0,691	0,668	0,977	54,283
187	0,674	0,785	0,979	34,593
188	0,808	0,799	0,787	44,198
189	0,808	0,797	1,063	29,993
190	0,626	0,715	0,888	45,478
191	0,633	0,872	0,847	55,449
192	0,586	0,549	0,925	49,119
193	0,861	0,642	0,507	49,182
194	0,695	0,718	0,84	65,338
195	0,64	0,634	0,864	64,892
196	0,864	0,68	0,492	57,029
197	0,919	0,894	0,326	62,273
198	0,853	0,685	0,628	44,962
199	0,758	0,548	0,648	33,295
200	0,761	0,5	0,903	61,511

Qui-Quadrado de 200 amostras



Caracterização: Rede

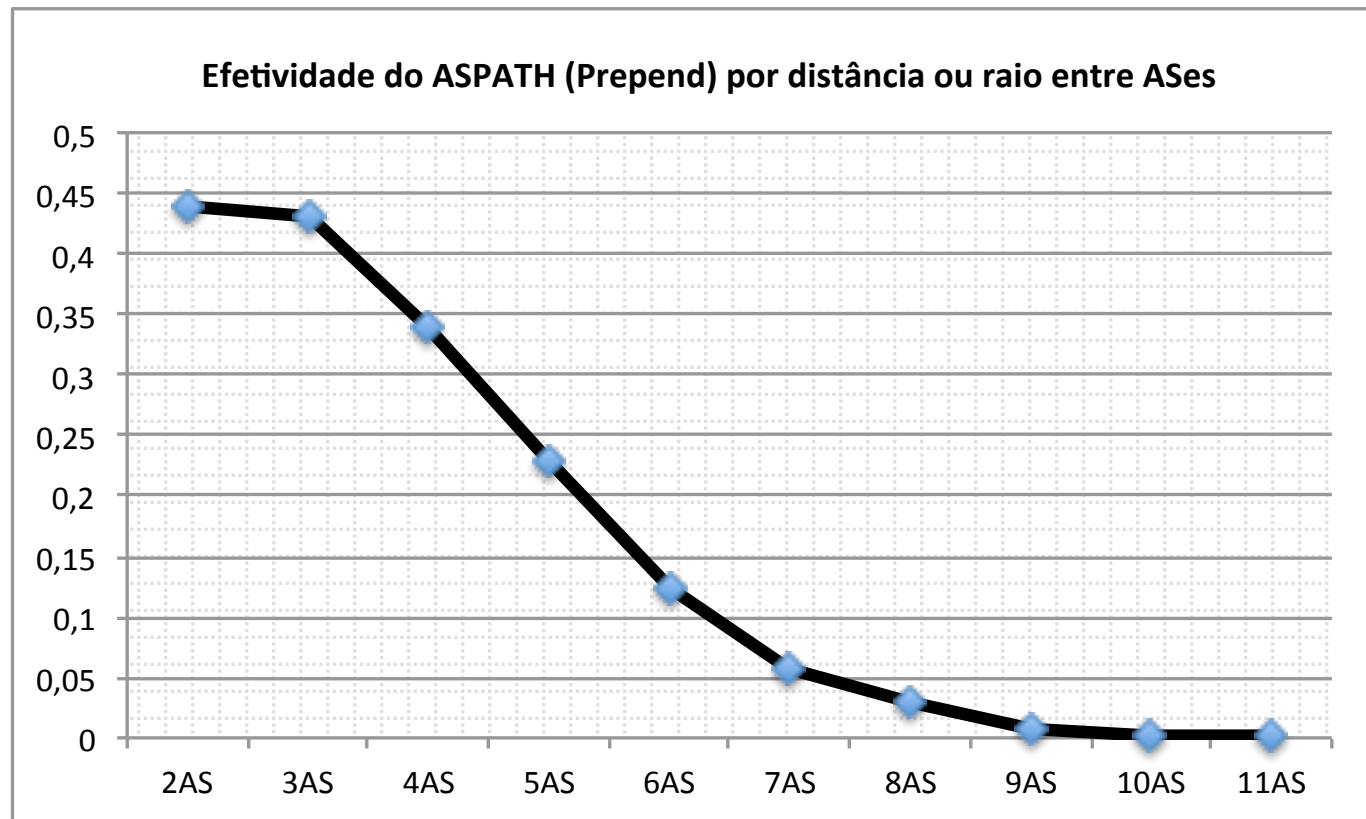


Algoritmo de caracterização

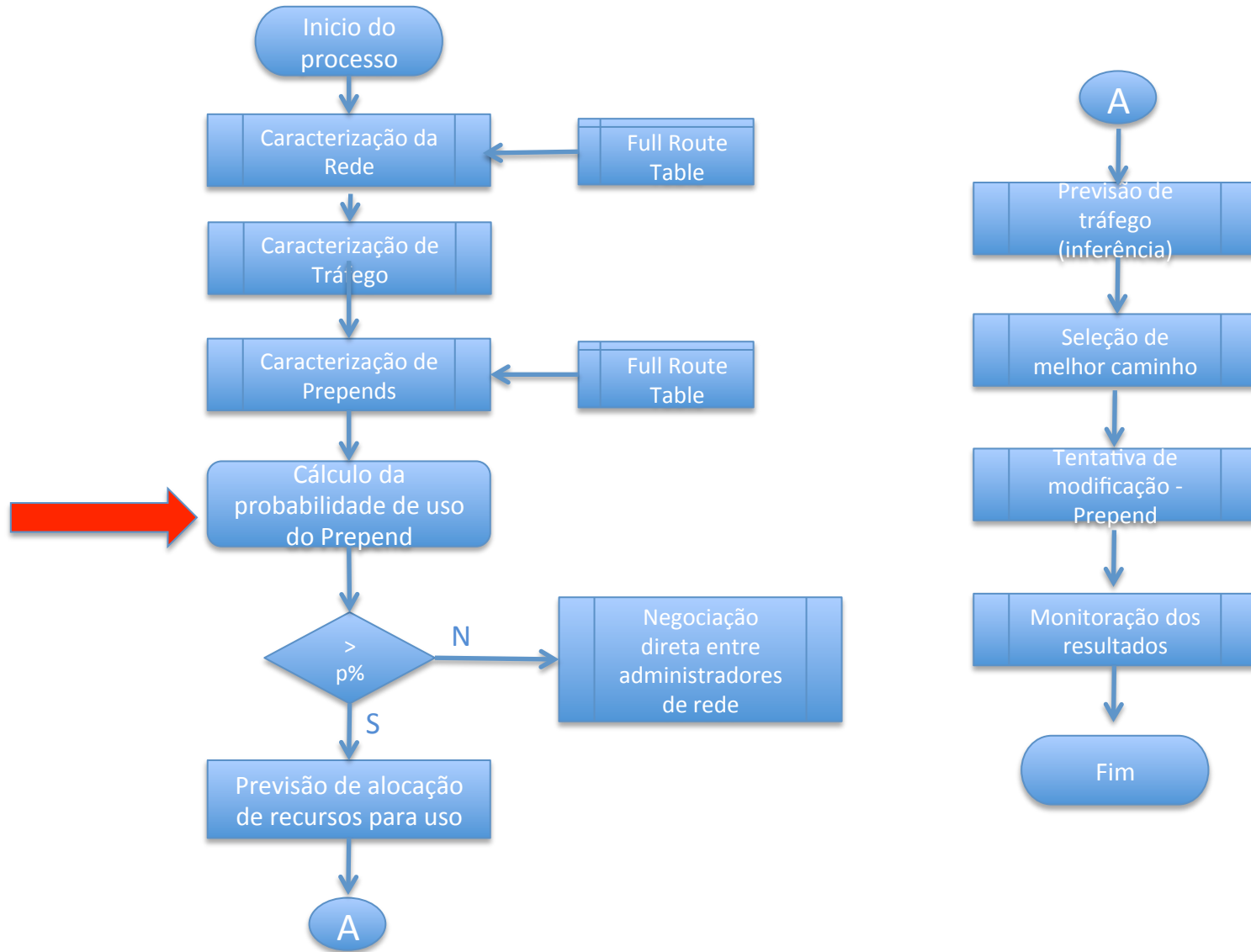
Algoritmo proposto:

```
Get a full routing table  $T=dG(s,t)$ 
For Subnet  $S_j$ 
    For  $\text{Path}_{S_j}=\{AS_0, AS_1; AS_{j-1}; AS_j\}$ 
        Aggregate  $\{ \text{Path}_{S_j} \}$ 
        Min  $\{ \text{Path}_{S_j} \}$ 
        Count  $j$ 
         $\{S_j\} \in AS_k$ 
         $rAS_k = j$ 
    end
end
```

Efetividade do uso do ASPATH x Raio

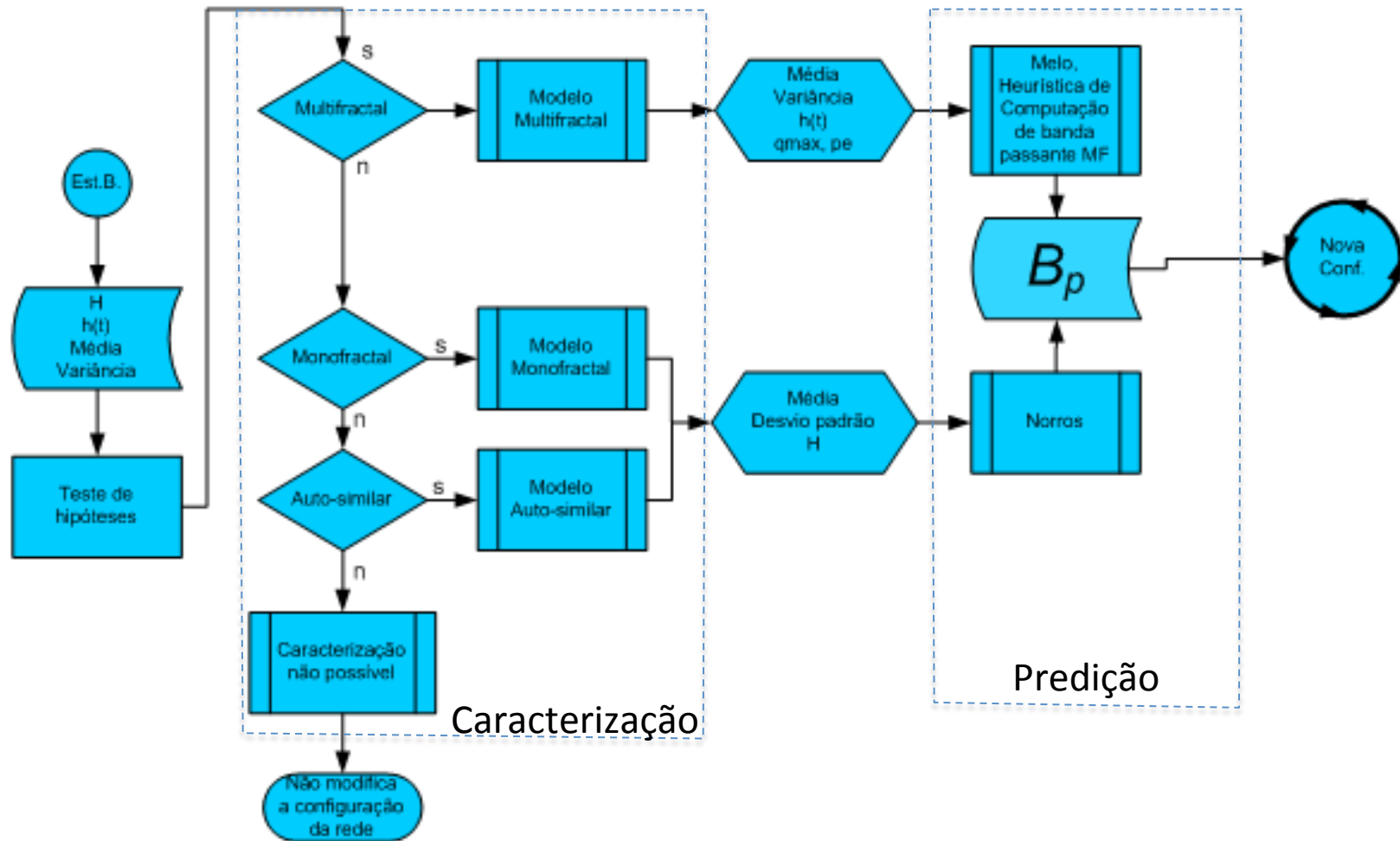


Calculo da probabilidade de uso do Prepend

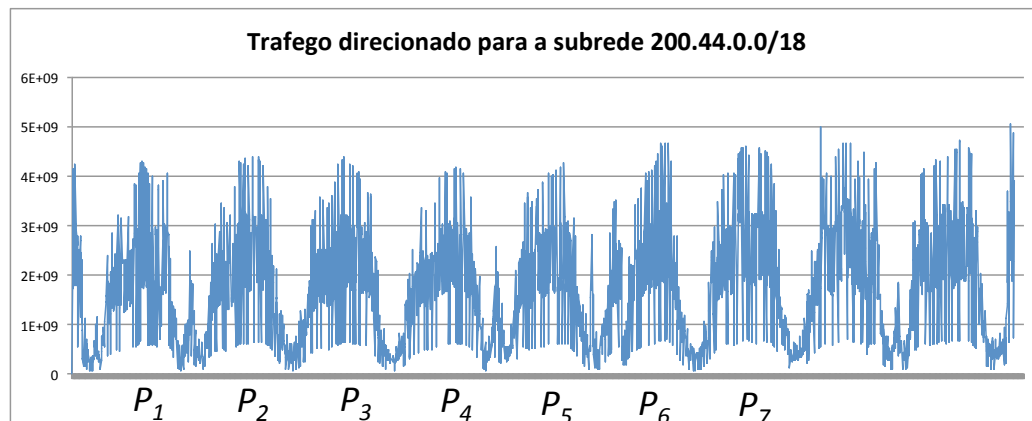


Processo de tomada de decisão

Caracterização e Predição

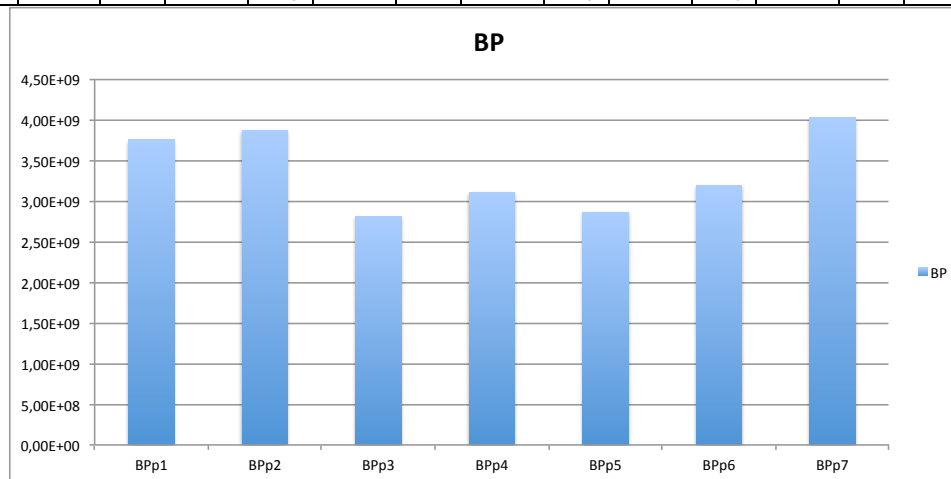


Calculo da banda efetiva – Forecasting de todas os tráfegos adjacentes



$$BP_x = \frac{1}{\theta\delta} \mu \delta \theta + \frac{\sigma^2 \delta^{2H_{EG}} \theta^2}{2} = \mu + \frac{\theta \sigma^2}{2} \delta^{2H_{EG}-1}$$

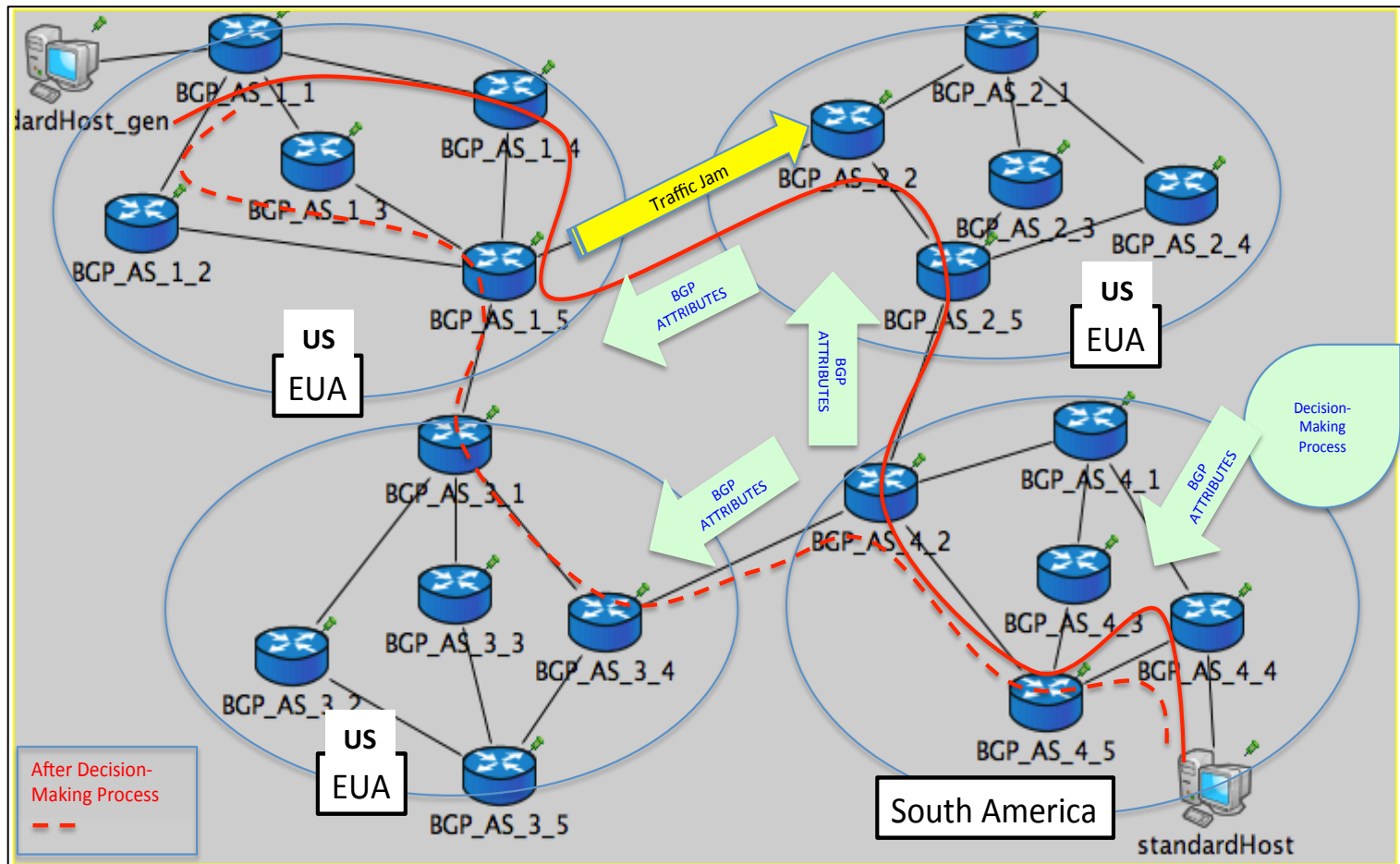
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7
μ	3437044236,80	μ	3202656768,00	μ	1855372684,80	μ	3081762985,60	μ	2388841907,20	μ	2366104028,80	μ	3756626713,60
δ	1,00E-06	δ	1,00E-06	δ	1,00E-06	δ	1,00E-06	δ	1,00E-06	δ	1,00E-06	δ	1,00E-06
δ^2	0,00	δ^2	0,00	δ^2	0,00	δ^2	0,00	δ^2	0,00	δ^2	0,00	δ^2	0,00
H_{EG}	-0,501	H_{EG}	-0,521	H_{EG}	-0,567	H_{EG}	-0,621	H_{EG}	-0,487	H_{EG}	-0,538	H_{EG}	-0,491
$\delta^{H_{EG}-1}$	1013911385,74	$\delta^{H_{EG}-1}$	1336595516,55	$\delta^{H_{EG}-1}$	2523480772,48	$\delta^{H_{EG}-1}$	5321082592,67	$\delta^{H_{EG}-1}$	835603018,23	$\delta^{H_{EG}-1}$	1690440931,64	$\delta^{H_{EG}-1}$	883079900,42
σ	786777590,6	σ	997316211,30	σ	869983046,9	σ	102189881,8	σ	1064944103	σ	990750201	σ	786257160
σ^2	6,19019E+17	σ^2	#####	σ^2	7,56871E+17	σ^2	1,04428E+16	σ^2	1,13411E+18	σ^2	9,81586E+17	σ^2	6,182E+17
BP_{P1}	3750859431	BP_{P2}	3867372200	BP_{P3}	2810346764	BP_{P4}	3109546412	BP_{P5}	2862673081	BP_{P6}	3195760572	BP_{P7}	4029586853



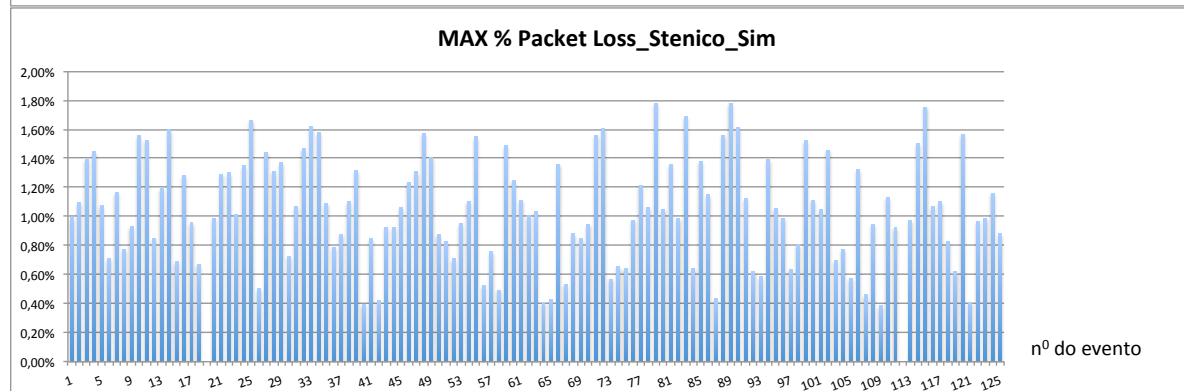
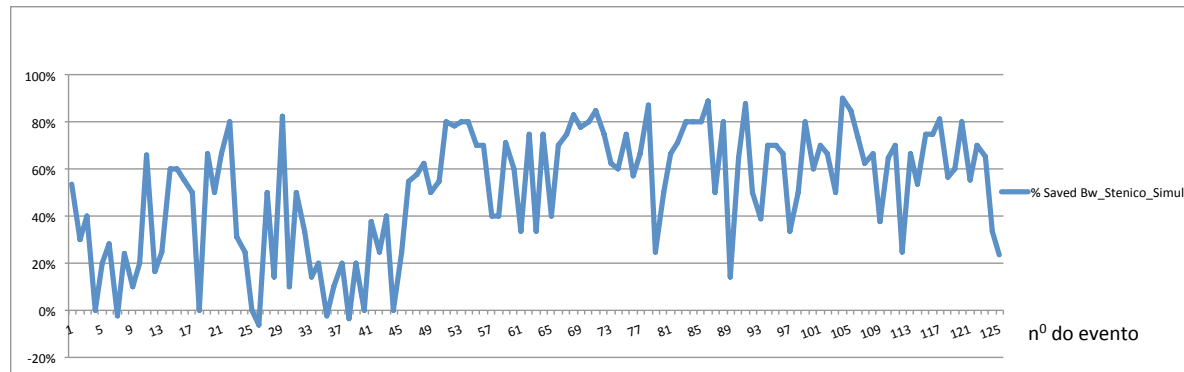
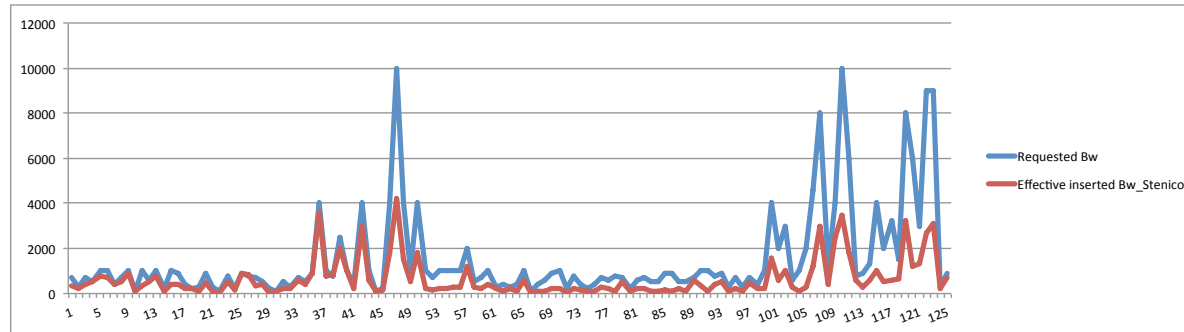
Simulação no OMNET⁺⁺

Antes de aplicar na rede real foram feitas diversas simulações no OMNET⁺⁺ usando a mesma topologia da rede real

Exemplo de topologia testada no OMNET++



Stênico Simulado

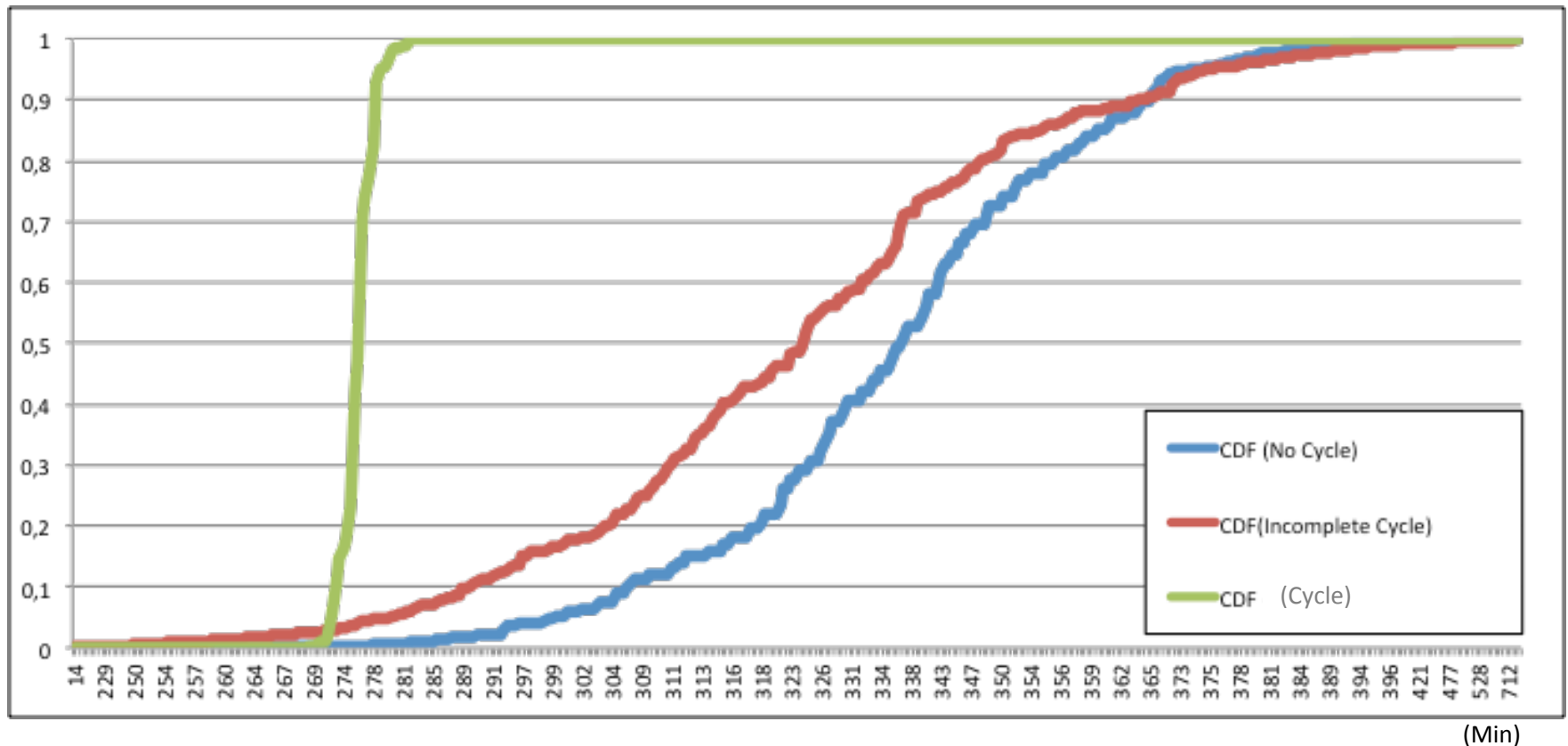


H_{EG} e μ

nº do evento

Tempo de estabilização

389/389 ciclos analisados



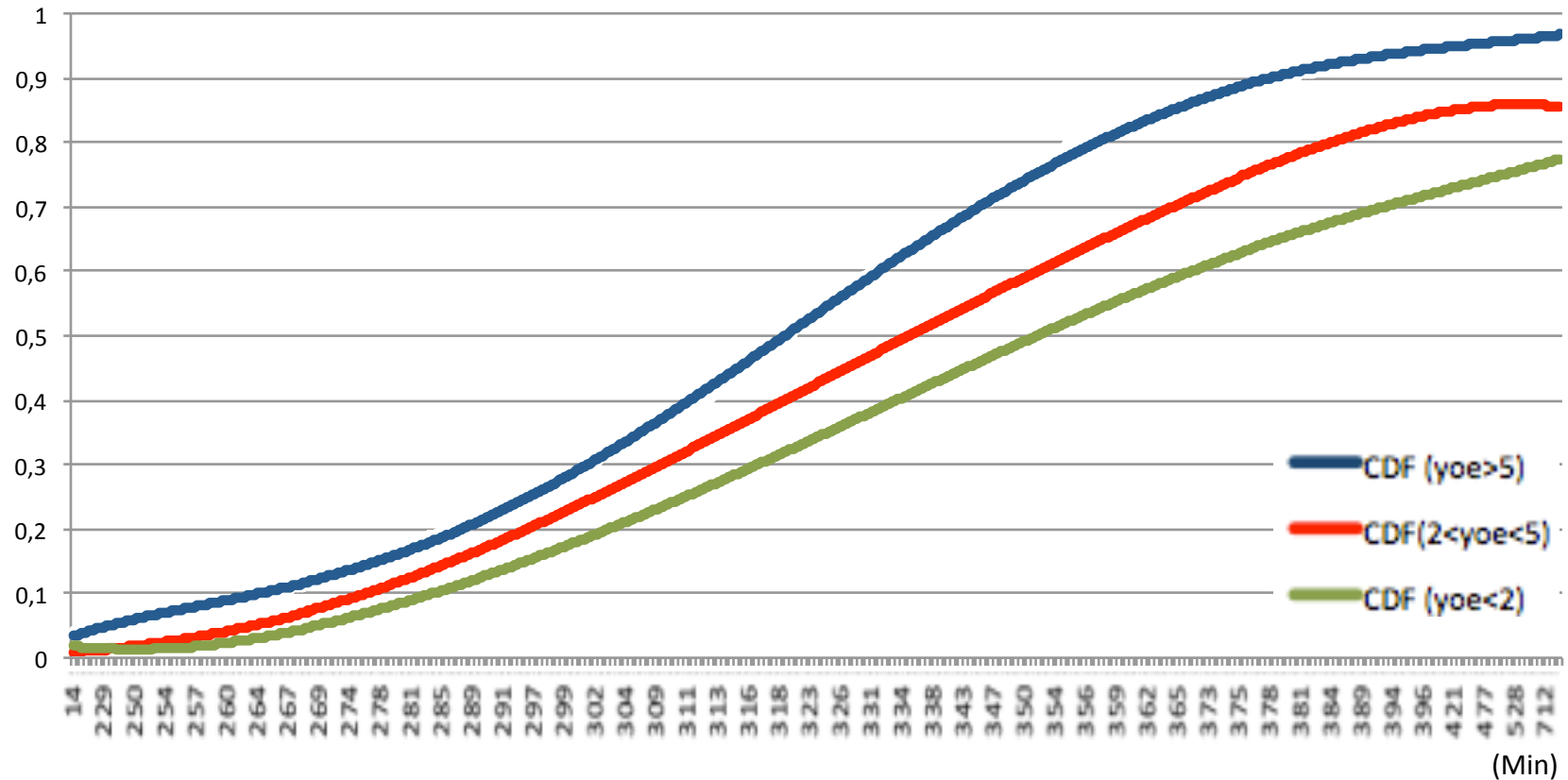
No Cycle Algorithm = Apenas pela experiência do Engenheiro

Incomplete Cycle = Uso da caracterização. Sem cálculo da banda efetiva.

Cycle = Uso a interferência racional - Algoritmo completo.

Comportamento do Especialista nos ciclos sem a aplicação da interferência racional

No Cycle – Apenas por experiência do especialista



Conclusão

- É possível usar a interferência racional em redes reais mostrando economias de banda de 50% em média, chegando a 90% em alguns casos.
- A aplicação da técnica não comprometeu os acordos de nível de serviço e ainda melhorou em cerca de 21% o tempo de estabilização da rede após mudanças.
- A interferência racional não intrusiva ou sem a alteração direta nos padrões é possível e desejável, pois pode ser aplicada imediatamente.
- A interferência racional semi-intrusiva foi analisada e se mostrou viável em ambiente de simulação.