

CEPEL

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

Projeto DECOMP

Nota Técnica Nº 02/2017

**IMPACTO DA CONSIDERAÇÃO DAS PERDAS EM
INTERCÂMBIOS NO CUSTO MARGINAL DA OPERAÇÃO**

Dez / 2017

ÍNDICE:

1.	INTRODUÇÃO	2
2.	REPRESENTAÇÃO DO INTERCÂMBIO	2
2.1	Intercâmbio sem perdas	2
2.2	Intercâmbio com perdas	3
3.	IMPACTO DO INTERCÂMBIO NO CMO	3
3.1	Intercâmbio sem perdas	3
3.1.1.	CMO do submercado exportador	4
3.1.2.	CMO no submercado importador	5
3.2	Intercâmbio com perdas	6
3.2.1.	CMO no submercado exportador	6
3.2.2.	CMO no submercado importador	6
3.2.3.	Conclusões	8
4.	ANÁLISE DE CASO	9
4.1	Caso DECOMP	9
4.1.1.	Tabelas de saída do modelo DECOMP	10
4.1.2.	Análise do CMO	12
4.2	Caso NEWAVE	14
5.	CONCLUSÕES.....	16

1. INTRODUÇÃO

Na versão 26 no modelo DECOMP, homologada no dia 08 de Dezembro de 2017, foi validada a funcionalidade de representação das perdas nos intercâmbios. Dessa forma, o objetivo desta nota técnica é esclarecer possíveis efeitos do uso de fatores de perdas nos intercâmbios no Custo Marginal da Operação (CMO) dos submercados associados a esses intercâmbios.

2. REPRESENTAÇÃO DO INTERCÂMBIO

A funcionalidade intercâmbio visa representar a transferência de energia entre submercados, podendo-se considerar ou não alguma perda associada ao transporte da energia. Na sequência serão descritas a modelagem do intercâmbio sem considerar perdas e a modelagem do intercâmbio com perdas.

2.1 Intercâmbio sem perdas

O intercâmbio é modelado como uma transferência de energia entre os submercados. Quando não há perdas, a energia que sai do submercado de origem (Int_{origem}) é igual à energia que chega ao submercado de destino ($Int_{destino}$), como representado na Figura 1.

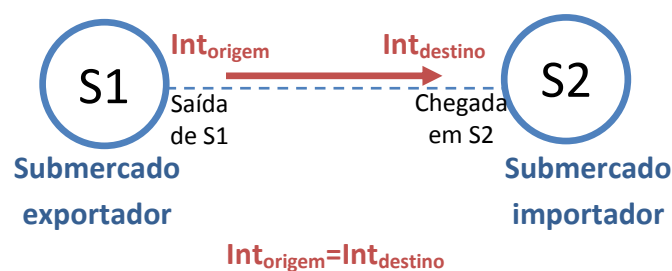


Figura 1-Exemplo Intercâmbio sem perdas

2.2 Intercâmbio com perdas

Neste caso visa-se representar, por meio de um fator, perdas no intercâmbio de energia entre submercados. Ou seja, conforme a Figura 2, o intercâmbio entre os submercados S_1 e S_2 apresenta um fator Fat_{perdas} de perdas. Dessa forma, se um montante de energia bruto Int_{origem} é enviado do submercado 1 para o 2, o montante de energia $Int_{destino}$ que efetivamente chega ao submercado 2 é dado por: $(1 - Fat_{perdas}) * Int_{origem}$.

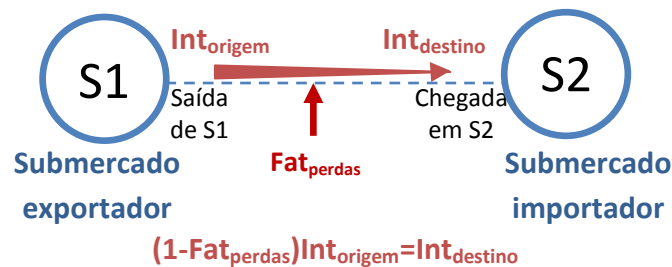


Figura 2-Exemplo Intercâmbio com perdas

3. IMPACTO DO INTERCÂMBIO NO CMO

A seguir, faz-se uma análise da relação entre os CMOs dos submercados associados a determinado intercâmbio e o comportamento do fluxo desse intercâmbio, em relação ao sentido e comparação com sua capacidade máxima.

3.1 Intercâmbio sem perdas

Para entender o comportamento do CMO entre submercados quando não há perdas nos intercâmbios, descrevemos as equações de demanda simplificadas dos dois submercados da Figura 1.

$$D_1: GH_1 + GT_1 - Int_{origem} = d_1$$

$$D_2: GH_2 + GT_2 + Int_{destino} = d_2,$$

onde GH_i é a soma da energia hidráulica produzida, GT_i é a soma da energia térmica, e d_i é a carga a ser suprida no submercado i . O CMO é dado pelo custo incremental de atendimento à carga (demanda), para cada submercado, como mostrado abaixo:

$$CMO_1 = \lambda_1 = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta d_1} \quad e \quad CMO_2 = \lambda_2 = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta d_2}$$

onde λ_1 e λ_2 são as variáveis duais de cada equação de atendimento à demanda.

A Figura 3 ilustra uma situação hipotética envolvendo dois submercados e um intercâmbio. Suponhamos que a usina marginal do submercado S_1 possui um CVU (ou valor da água) de R\$10/MWh, que é menor do que a do submercado 2 (R\$20/MWh). Neste caso, o fluxo do intercâmbio será do submercado S_1 para o submercado S_2 .

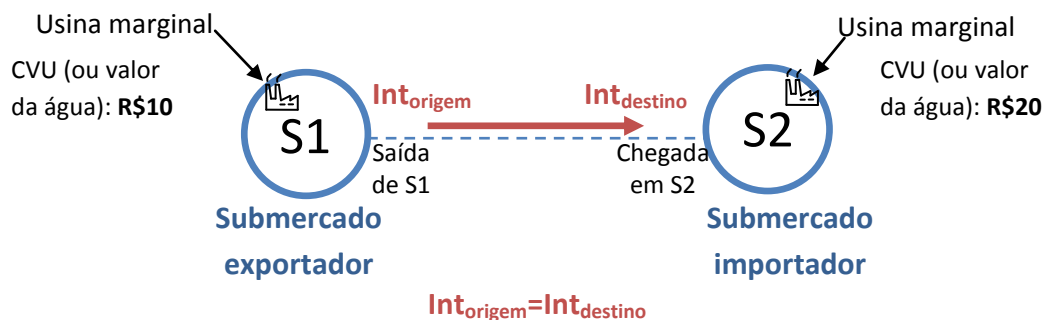


Figura 3-Exemplo Intercâmbio sem perdas com usina marginal em S1 de custo R\$10 e em S2 de custo R\$20

3.1.1. CMO do submercado exportador

Pelo fato do submercado S_1 ter uma geração marginal mais barata do que o submercado S_2 , um acréscimo infinitesimal de uma carga, δd_1 , será suprido por uma geração no próprio submercado S_1 , tal que:

$$\delta d_1 = \delta G_1,$$

onde a variação do custo operativo devido ao acréscimo de geração é dada pelo valor de geração incremental multiplicado pelo seu custo unitário:

$$\delta Custo_{oper} = 10 * \delta G_1$$

Dessa forma, o custo marginal pode ser calculado como:

$$CMO_1 = \lambda_1 = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta d_1} = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta G_1} = R\$10/MWh.$$

3.1.2. CMO no submercado importador

Já no submercado S_2 , onde o custo marginal é maior do que em S_1 , uma carga adicional δd_2 nesse submercado será atendida por uma geração em S_1 , por meio de intercâmbio, onde:

$$\delta d_2 = \delta Int_{destino} = \delta Int_{origem} = \delta G_1$$

Dessa forma, a variação no custo ainda é dada pelo custo marginal em S_1 , logo o custo marginal do mercado S_2 é dado por:

$$CMO_2 = \lambda_2 = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta d_2} = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta G_1} = R\$10/MWh.$$

Assim, o CMO do submercado S_2 também será R\$10/MWh.

Dessa forma, dizemos que os CMOs dos submercados estão "colados", ou seja, os custos marginais dos dois submercados estão associados e têm o mesmo valor.

No entanto quando o intercâmbio atinge seu limite, não é mais possível atender à carga adicional em S_2 com a energia gerada em S_1 e, conseqüentemente, essa carga será atendida com a usina marginal de S_2 :

$$\delta d_2 = \delta G_2$$

$$CMO_2 = \lambda_2 = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta d_2} = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta G_2} = R\$20/MWh$$

e os CMOs passam a ser diferentes ($\lambda_2 > \lambda_1$).

3.2 Intercâmbio com perdas

No caso do intercâmbio com perdas, as equações de demanda para a Figura 2 se tornam:

$$D_1: GH_1 + GT_1 - Int_{origem} = d_1$$

$$D_2: GH_2 + GT_2 + (1 - Fat_{perdas})Int_{origem} = d_2$$

3.2.1. CMO no submercado exportador

A Figura 4 corresponde ao mesmo exemplo da Figura 3, em relação aos geradores marginais de cada submercado. Assim, o custo marginal λ_1 do submercado S_1 é igual a R\$10/MWh, uma vez que a situação é igual à descrita na seção 3.1.1.

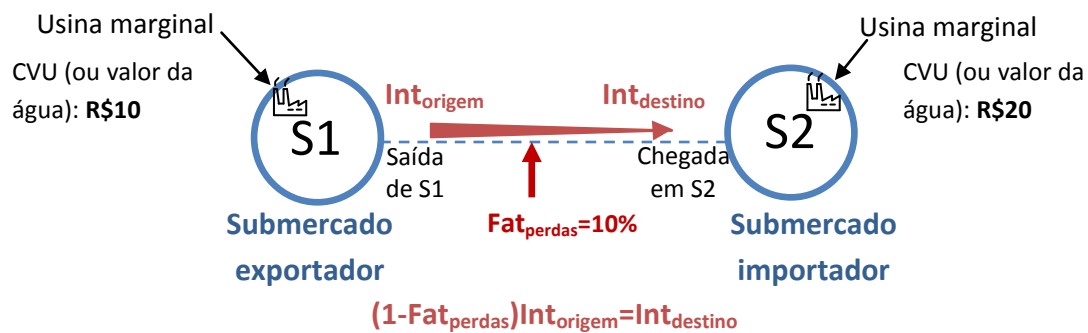


Figura 4-Exemplo Intercâmbio com perdas de 10%, usina marginal em S1 de custo R\$10 e em S2 de custo R\$20

3.2.2. CMO no submercado importador

Um acréscimo de demanda do submercado S_2 será suprido pelo intercâmbio entre os submercados, que deve levar em consideração as perdas, ou seja:

$$Int_{destino} = (1 - Fat_{perdas})Int_{origem}$$

Dessa forma, para atender a um acréscimo de carga δd_2 no submercado 2, é necessário um acréscimo de geração δG_1 no submercado S_1 , que será correspondente ao valor de Int_{origem} , como mostrado a seguir:

$$\delta d_2 = \delta Int_{destino} = (1 - Fat_{perdas})\delta Int_{origem} = (1 - Fat_{perdas})\delta G_1$$

Assim, a energia gerada (δG_1) em S_1 para suprir um acréscimo de demanda em S_2 deverá ser *superior* a δd_2 , proporcionalmente ao fator de perdas:

$$\delta G_1 = \frac{\delta d_2}{(1 - Fat_{perdas})}$$

A variação do custo de operação para gerar essa energia em S_1 é dada por:

$$\delta Cust_{oper} = \lambda_1 * \delta G_1$$

Logo, o CMO do submercado 2 será afetado pelo fator de perdas, e dado por:

$$CMO_2 = \lambda_2 = \frac{\delta Cust_{oper}}{\delta d_2} = \frac{\delta Cust_{oper}}{(1 - Fat_{perdas})\delta G_1} = \frac{\lambda_1}{(1 - Fat_{perdas})}$$

ou seja, para o fator de perdas de 0,1 no exemplo anterior, tem-se:

$$CMO_2 = \lambda_2 = \frac{1}{(1 - 0,1)} 10 = R\$11,111 \dots /MWh$$

A interpretação é que, para atender 1MWh a mais em S_2 ($Int_{destino}$) é necessário gerar $Int_{origem} = \frac{Int_{destino}}{0,9} = 1,111 \dots MWh$ em S_1 o que custará, proporcionalmente R\$11,111....

Logo, o CMO em S_2 é dado por R\$11,11/MWh ($\lambda_2 = 11,11$), *mesmo que o gerador marginal tenha o mesmo custo incremental de R\$10/MWh associado ao CMO em S_1 .*

No entanto, suponhamos agora que o custo da usina marginal de S_2 não seja R\$20 e sim R\$11 reais. Nesta situação, o cálculo do CMO para o intercâmbio *sem perdas* não se altera. Porém, para o caso *com perdas* podemos observar que a energia para suprir a variação e demanda δd_2 vindo do submercado 1 implica em uma variação de custo dada por:

$$\delta Custo_{oper} = R\$10 * \delta G_1 = R\$11,11 * \delta d_2.$$

Neste caso passa a ser vantajoso atender tal variação de demanda gerando no próprio mercado S_2 uma vez que o seu custo marginal é R\$11, menor que R\$11,11:

$$\delta Custo_{oper} = R\$11 * \delta G_2 = R\$11 * \delta d_2$$

$$CMO_2 = \lambda_2 = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta d_2} = \frac{\delta Custo_{oper}}{\delta G_2} = R\$11/MWh$$

Dessa forma, ao atender a demanda do submercado 2 com a geração do próprio submercado, uma vez que o custo é menor, o intercambio será zero (ou o valor mínimo se existente).

Para as duas situações descritas acima, pressupõe-se que o intercâmbio não está em seu limite máximo. No entanto, caso esteja, a variação de demanda no submercado importador deverá necessariamente ser atendida pela geração no próprio submercado, ou seja, o CMO em S_2 será dado pelo valor da usina marginal em S_2 .

3.2.3. Conclusões

Dessa forma, sintetizando o descrito nas seções anteriores, descrevemos três situações do que pode ocorrer com os CMOs na situação do intercâmbio *com perdas*:

- 1) CMOs dos submercados descolarem de um valor **IGUAL** ao da perda:

$$CMO_2 = \frac{1}{(1-Fat_{perdas})} * CMO_1, \text{ ou seja, } CMO_1 = (1 - Fat_{perdas}) CMO_2. \text{ Essa}$$

situação ocorre quando a usina marginal em S_2 tem custo incremental MAIOR que

$$\frac{1}{(1-Fat_{perdas})} * CMO_1.$$

$$CMO_2 = \frac{CMO_1}{1 - Fat_{perdas}} \Rightarrow I_{min} \leq I_{1 \rightarrow 2} \leq I_{max}$$

2) CMOs dos submercados descolarem de um valor **MENOR** que o valor da perda:

$CMO_2 \leq \frac{1}{(1-Fat_{perdas})} * CMO_1$. Isso pode acontecer quando o custo marginal de geração com a perda ($\frac{1}{(1-Fat_{perdas})} * CMO_1$) fica maior que o custo marginal de geração do submercado de destino. Neste caso, o custo marginal passa a ser o custo de gerar no próprio submercado e o intercâmbio é mínimo:

$$CMO_2 < \frac{CMO_1}{1 - Fat_{perdas}} \Rightarrow I_{1 \rightarrow 2} = I_{min}$$

3) CMOs dos submercados descolarem de um valor **MAIOR** que o valor da perda:

$CMO_2 \geq \frac{1}{(1-Fat_{perdas})} * CMO_1$. Nesta situação, o intercâmbio atinge seu limite:

$$CMO_2 > \frac{CMO_1}{1 - Fat_{perdas}} \Rightarrow I_{1 \rightarrow 2} = I_{max}$$

4. ANALISE DE CASO

Esta nota técnica foi motivada por um caso prospectivo do PMO de Dezembro de 2017 revisão 3, realizado pelo ONS, onde são representadas as perdas de intercâmbio. Dessa forma, iremos analisar o impacto do uso de perdas no CMO, tanto no caso de DECOMP quanto no caso de NEWAVE também baseado no PMO de Dezembro de 2017 que foi utilizado no acoplamento com o futuro no caso DECOMP.

4.1 Caso DECOMP

A configuração dos submercados e interligações, assim como as perdas de cada interligação, estão representadas na Figura 5.

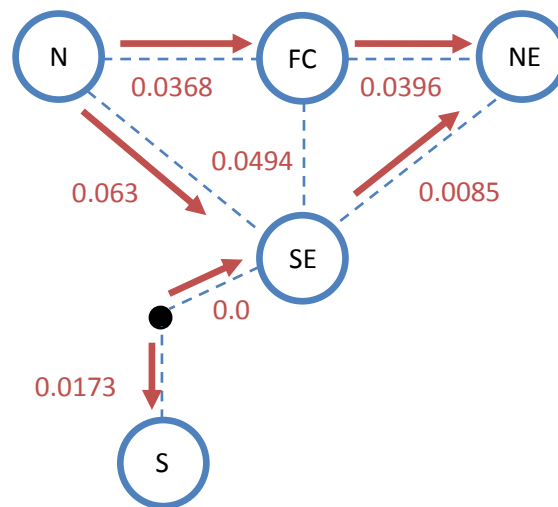


Figura 5-Caso DECOMP: configuração de submercados, intercâmbios e valores das perdas nos intercâmbios, em p.u.

4.1.1. Tabelas de saída do modelo DECOMP

O modelo DECOMP imprime os resultados de intercâmbio da sua operação em tabelas no arquivo relato e em arquivo csv, descritas a seguir.

Tabela csv: dec_oper_interc.csv

Este arquivo csv apresenta, para cada período, cenário e patamar, o intercâmbio no submercado de origem e destino. Também explicita o valor da perda, além de informar o coeficiente de perda que foi considerado. A Figura 6 mostra um exemplo do arquivo dec_oper_interc.csv, onde podemos extrair as seguintes relações:

$$Int_{origem} - Int_{destino} = Perdas$$

$$Int_{origem} \times Fat_{perdas} = Perdas$$

$$Int_{origem} \times (1 - Fat_{perdas}) = Int_{destino}$$

Resultado de operacao dos intercambios.											
IPER	Indice do periodo										
ICEN	Indice do cenario										
IPAT	Patamar de Carga										
ISSDE	Numero do subsistema de origem										
Sist Origem	Nome do subsistema de origem (DE)										
ISSPARA	Numero do subsistema de destino										
Sist Destino	Nome do subsistema de destino (PARA)										
Int.Origem	Intercambio total no subsistema de origem										
Int.Destino	Intercambio total no subsistema de destino										
Perdas	Perdas no intercambio (total da origem - total do destino)										
Fat.perd	Fator de perdas para o intercambio										
Capacidade	Capacidade do Intercambio										
@Tabela											
IPER	ICEN	IPAT	ISSDE	Sist Origem	ISSPARA	Sist Destino	Int.Origem (MW)	Int.Destino (MW)	Perdas (MW)	Fat.perd	Capacidade (MW)
-	-	-	-	-	-	-				-	
1	1	1	4	N	11	FC	1350.15	1300.47	49.69	0.0368	99999
1	1	2	4	N	11	FC	943.87	909.13	34.73	0.0368	99999
1	1	3	4	N	11	FC	143.25	137.98	5.27	0.0368	99999
1	1	-	4	N	11	FC	696.7	671.06	25.64	0.0368	99999
1	1	1	11	FC	4	N	0	0	0	0.0368	99999
1	1	2	11	FC	4	N	0	0	0	0.0368	99999
1	1	3	11	FC	4	N	0	0	0	0.0368	99999
1	1	-	11	FC	4	N	0	0	0	0.0368	99999
1	1	1	3	NE	11	FC	0	0	0	0.0396	3600
1	1	2	3	NE	11	FC	0	0	0	0.0396	3800
1	1	3	3	NE	11	FC	0	0	0	0.0396	4200
1	1	-	3	NE	11	FC	0	0	0	0.0396	3000

Figura 6- Arquivo dec_oper_interc.csv

Arquivo relato

No arquivo relato, duas tabelas apresentam a operação dos intercâmbios e as perdas relacionadas (“FLUXO NOS INTERCAMBIOS” e “PERDAS NOS INTERCAMBIOS”), mostradas na Figura 7, respectivamente.

FLUXO NOS INTERCAMBIOS (MWmed)						PERDAS NOS INTERCAMBIOS (MWmed)					
Interc	Pat	Sem_01	Sem_02	Sem_03		Interc	Pat	Sem_01	Sem_02	Sem_03	
N -FC	Pat_1	1350.15	1666.52	863.06		N -FC	Pat_1	49.69	61.33	31.76	
N -FC	Pat_2	943.87	1064.39	1034.33		N -FC	Pat_2	34.73	39.17	38.06	
N -FC	Pat_3	143.25	303.67	71.72		N -FC	Pat_3	5.27	11.18	2.64	
N -FC	Media	696.70	787.60	600.76		N -FC	Media	25.64	28.98	22.11	
NE-FC	Pat_1	-1248.97	-1541.63	-798.38		NE-FC	Pat_1	51.50	63.57	32.92	
NE-FC	Pat_2	-873.13	-984.62	-956.81		NE-FC	Pat_2	36.00	40.60	39.45	
NE-FC	Pat_3	-132.51	-280.91	-66.34		NE-FC	Pat_3	5.46	11.58	2.74	
NE-FC	Media	-644.48	-728.58	-555.74		NE-FC	Media	26.57	30.04	22.91	
SE-FC	Pat_1	0.00	0.00	0.00		SE-FC	Pat_1	0.00	0.00	0.00	
SE-FC	Pat_2	0.00	0.00	0.00		SE-FC	Pat_2	0.00	0.00	0.00	
SE-FC	Pat_3	0.00	0.00	0.00		SE-FC	Pat_3	0.00	0.00	0.00	
SE-FC	Media	0.00	0.00	0.00		SE-FC	Media	0.00	0.00	0.00	
SE-IV	Pat_1	-6199.73	-4948.11	-5536.41		SE-IV	Pat_1	0.00	0.00	0.00	
SE-IV	Pat_2	-4231.33	-3321.25	-3862.89		SE-IV	Pat_2	0.00	0.00	0.00	
SE-IV	Pat_3	-2864.64	-3911.21	-3370.09		SE-IV	Pat_3	0.00	0.00	0.00	
SE-IV	Media	-3945.99	-3722.86	-3798.18		SE-IV	Media	0.00	0.00	0.00	
SE-NE	Pat_1	850.00	850.00	0.00		SE-NE	Pat_1	7.22	7.22	0.00	
SE-NE	Pat_2	850.00	850.00	669.83		SE-NE	Pat_2	7.22	7.22	5.69	
SE-NE	Pat_3	850.00	850.00	850.00		SE-NE	Pat_3	7.22	7.22	7.22	
SE-NE	Media	850.00	850.00	688.31		SE-NE	Media	7.22	7.22	5.85	
IV-S	Pat_1	0.00	1531.49	962.80		IV-S	Pat_1	0.00	26.49	16.66	
IV-S	Pat_2	2339.41	3529.35	3007.32		IV-S	Pat_2	40.47	61.06	52.03	
IV-S	Pat_3	2450.55	3300.74	3753.61		IV-S	Pat_3	42.39	57.10	64.94	
IV-S	Media	2129.11	3251.64	3149.06		IV-S	Media	36.83	56.25	54.48	
N -SE	Pat_1	322.10	888.80	2000.00		N -SE	Pat_1	20.29	55.99	126.00	
N -SE	Pat_2	794.13	1217.97	2000.00		N -SE	Pat_2	50.03	76.73	126.00	
N -SE	Pat_3	0.00	0.00	1275.10		N -SE	Pat_3	0.00	0.00	80.33	
N -SE	Media	455.21	659.34	1685.02		N -SE	Media	28.68	41.54	106.16	

FLUXO < 0 : S1 importa de S2
FLUXO > 0 : S1 exporta para S2

Figura 7- Tabelas no arquivo relato

A primeira tabela mostra os intercâmbios: S1→S2, e o sinal negativo indica o sentido invertido do intercâmbio: S1 ←S2. O valor indicado na tabela é sempre correspondente ao submercado S1, dado que para encontrar o valor em S2 é necessário fazer a consideração das perdas:

$$Int_{S1} - Perdas = Int_{S2}$$

4.1.2. Análise do CMO

Após a execução do caso, foi analisado o valor do CMO em cada submercado, em cada patamar de carga. A Tabela 1 apresenta, ao lado esquerdo, os resultados de intercâmbio observados e CMOs para o primeiro período do estudo, para os subsistemas de origem e destino do intercâmbio. Do lado direito na mesma tabela, mostra-se o fator de perdas, a

aplicação do fator de perdas ao CMO do submercado de origem e a indicação de qual situação foi observada, dentre as listadas ao final da seção 3. Os valores em vermelho indicam dados não impressos pelo modelo e que foram calculados por fora.

Observa-se que:

- para a maior parte dos intercâmbios observados no estudo, o CMO no destino e o CMO na origem estão relacionados pelo fator de perdas:

$$CMO_{destino} = \frac{CMO_{origem}}{(1-Fat_{perdas})},$$

que corresponde ao caso 1 descrito na seção 3.

- No intercâmbio N-> SE, no patamar onde o intercâmbio foi nulo, observamos o caso 2, onde:

$$CMO_{destino} \leq \frac{CMO_{origem}}{(1-Fat_{perdas})},$$

- no intercâmbio IV->S, no patamar onde o intercâmbio também foi nulo, observamos um caso que está no limite entre as situações 1 e 2, pois os CMOs respeitam a igualdade, porém o intercâmbio nulo indica usinas marginais com preços equivalentes.
- Para o intercâmbio entre os submercados SE e NE, por sua vez, observa-se um descolamento onde:

$$CMO_{destino} > \frac{CMO_{origem}}{(1 - Fat_{perdas})}$$

O que condiz com o caso 3, conforme descrito na seção 3, o que é confirmado ao observar-se que, pelo fato de o intercâmbio estar no limite.

Tabela 1- Análise dos intercâmbios e CMOs para o caso do DECOMP.

Pat	Origem			Destino			FatorPerdas	CMOorigem / (1-Fator)	
	Sist	Intercambio	CMO	Sist	Intercambio	CMO			
1	N	1350.15	236.53	FC	1300.47	245.57	0.0368	245.57	caso 1
2	N	943.87	236.53	FC	909.13	245.57	0.0368	245.57	
3	N	143.25	234.55	FC	137.98	243.51	0.0368	243.51	
1	FC	1300.47	245.57	NE	1248.97	255.69	0.0396	255.70	caso 1
2	FC	909.13	245.57	NE	873.13	255.69	0.0396	255.70	
3	FC	137.98	243.51	NE	132.51	253.56	0.0396	253.55	
1	SE	850	252.43	NE	842.77	255.69	0.0085	254.59	caso 3
2	SE	850	252.43	NE	842.78	255.69	0.0085	254.59	
3	SE	850	247.87	NE	842.78	253.56	0.0085	249.99	
1	IV	6199.73	252.43	SE	6199.73	252.43	0	252.43	caso 1
2	IV	4231.33	252.43	SE	4231.33	252.43	0	252.43	
3	IV	2864.64	247.87	SE	2864.64	247.87	0	247.87	
1	N	322.1	236.53	SE	301.81	252.43	0.063	252.43	caso 1
2	N	794.13	236.53	SE	744.1	252.43	0.063	252.43	
3	N	0	234.55	SE	0	247.87	0.063	250.32	caso 2
1	IV	0	252.43	S	0	256.88	0.0173	256.87	Casos 1 e 2
2	IV	2339.41	252.43	S	2298.93	256.88	0.0173	256.87	
3	IV	2450.55	247.87	S	2408.16	252.24	0.0173	252.23	

4.2 Caso NEWAVE

A configuração dos submercados, intercâmbios e perdas usadas no caso NEWAVE (período: Dez/17) esta mostrada na Figura 8. Uma tabela análoga à mostrada na seção anterior foi construída para o caso NEWAVE e está mostrada na Tabela 2.

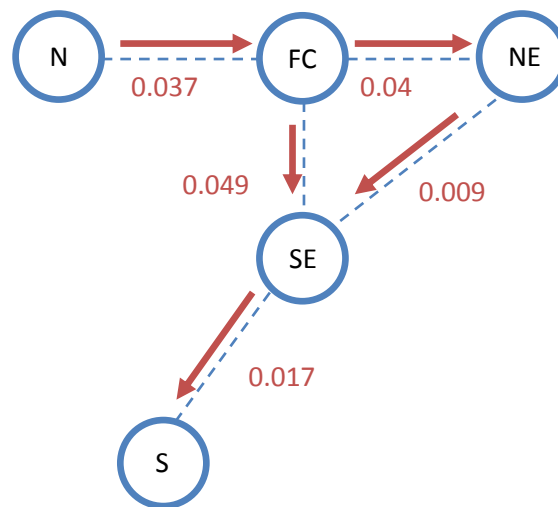


Figura 8-Caso NEWAVE: configuração de submercados, intercâmbios e valores das perdas nos intercâmbios, em p.u.

Tabela 2- Análise dos intercâmbios e CMOs para o caso do NEWAVE.

Pat	Origem			Destino			FatorPerdas	CMOorigem / (1-Fator)	
	Sist	Intercambio	CMO	Sist	Intercambio	CMO			
1	N	4735	259.49	FC	4560	269.46	0.037	269.46	caso 1
2	N	4224	259.49	FC	4068	269.46	0.037	269.46	
3	N	2407	259.49	FC	2318	269.46	0.037	269.46	
1	FC	3185	269.46	NE	3058	280.69	0.04	280.69	caso 1
2	FC	2692	269.46	NE	2584	280.69	0.04	280.69	
3	FC	1142	269.46	NE	1096	280.69	0.04	280.69	
1	NE	1000	280.69	SE	991	306.51	0.009	283.24	caso 3
2	NE	1000	280.69	SE	991	306.51	0.009	283.24	
3	NE	1000	280.69	SE	991	306.51	0.009	283.24	
1	FC	1376	269.46	SE	1309	306.51	0.049	283.34	caso 3
2	FC	1376	269.46	SE	1309	306.51	0.049	283.34	
3	FC	1176	269.46	SE	1118	306.51	0.049	283.34	
1	SE	0	306.51	S	0	311.81	0.017	311.81	casos 1 e 2
2	SE	2970	306.51	S	2920	311.81	0.017	311.81	
3	SE	0	306.51	S	0	311.81	0.017	311.81	

Pode-se observar a ocorrência dos três casos listados, assim como no modelo DECOMP:

- nos intercâmbios N->FC e FC->NE observa-se a ocorrência do caso 1 onde o valor do CMO do submercado importador é igual ao CMO da origem aplicando-se o fator de perdas, o que ocorre também no patamar 2 do intercâmbio SE->S:

$$CMO_{destino} = \frac{CMO_{origem}}{(1-Fat_{perdas})}$$

- nos patamares 1 e 3 do intercâmbio SE->S, observamos uma situação limite entre os casos 1 e 2, pois os CMOs respeitam a igualdade, porém o intercâmbio nulo indica usinas marginais com preços equivalentes;
- o caso 3, descolamento devido ao intercâmbio no limite, foi observado para os intercâmbios FC->SE e NE->SE:

$$CMO_{destino} > \frac{CMO_{origem}}{(1 - Fat_{perdas})}$$

Outro ponto interessante nestes dois intercâmbios é que o valor do CMO com o fator ($CMO/(1-Fat_{perdas})$) é igual nos dois casos (R\$283,24/MWh), mesmo o CMO do submercado NE sendo diferente do CMO do submercado FC. Isso ocorreu pois a usina marginal se encontra no submercado Norte (exportador) e os fatores de perdas das trajetórias N->FC->SE ($0.963 \times 0.951 = 0.9158$) e N->FC->NE->SE ($0.963 \times 0.96 \times 0.991 = 0.9161$) são muito próximos.

5. CONCLUSÕES

O objetivo desta nota técnica foi analisar como o uso da funcionalidade de perdas no intercâmbio no modelo DECOMP pode impactar no Custo Marginal da Operação (CMO) dos submercados.

Quando o intercâmbio entre dois submercados não apresenta perdas (fator de perdas zero), há somente duas possibilidades: os CMOs destes submercados são iguais (nesse caso o intercâmbio não está limitado) ou os CMOs estão descolados, quando o intercâmbio está limitado.

No entanto, quando estão sendo consideradas as perdas de intercâmbio, a análise é um pouco mais complexa. Pode-se considerar que os CMOs estão colados, ou seja, o CMO do submercado de destino está associado ao preço marginal do submercado de origem, quando o intercâmbio não está no limite e a razão entre os CMOs corresponde a $(1 - Fat_{perdas})$, onde Fat_{perdas} é o fator de perdas. Nesta situação, os CMOs estão “colados”, mesmo que com valores diferentes.