

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-020**REV. **B****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 2 de 13**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 1 do Gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre-
-**ÍNDICE**

1	OBJETIVO	3
2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3	DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO	3
4	PREMISSAS DE CÁLCULO	4
4.1	CONDIÇÕES DE REFERÊNCIA	4
4.2	MODELO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR (REF.2.2)	4
4.3	TEMPERATURA DO SOLO	5
4.4	CORRELAÇÕES ADOTADAS	5
4.5	SOFTWARE UTILIZADO	5
4.6	CARACTERÍSTICAS DO GÁS (REF. 2.5)	5
5	GASODUTO URUGUAIANA – PORTO ALEGRE – TRECHO 1	5
5.1	DIÂMETRO, ESPESSURA E PMOA	5
5.2	PERFIL ALTIMÉTRICO	6
5.3	RUGOSIDADE	7
5.4	PONTOS DE RECEBIMENTO	7
5.5	PONTOS DE ENTREGA	7
6	CONDIÇÕES DE CONTORNO	8
6.1	PERFIL DE CONSUMO	8
6.2	PRESSÃO MÁXIMA DE OPERAÇÃO ADEQUADA	8
A PRESSÃO MÁXIMA DE OPERAÇÃO ADEQUADA NO GASODUTO É DE 100 KGF/CM ² (REF.2.1).		8
6.3	PRESSÃO DE ENTREGA NOMINAL CONTRATUAL	8
6.4	INTERCONEXÕES	8
7	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO	9
8	ANEXO – “STEADY STATE REPORT” DO MODELOS	10

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-020**REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 3 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 1 do Gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre

-
-**1 OBJETIVO**

Documentar as informações necessárias para a criação do modelo computacional do trecho 1 do gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre e apresentar as características físicas e valores limites de projeto dos diversos elementos que compõem o modelo. Permitindo, assim, a reprodutibilidade do modelo por qualquer interessado.

O modelo foi criado para o programa de simulação *PipelineStudio* versão 3.4.1.0 da *Energy Solutions*.

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 2.1. Características físicas e capacidade, tanto atual quanto projeções, das instalações de transporte – <http://www.tsb.com.br/repositorio/bibArq000438.pdf>, 23/04/2015
- 2.2. Capacidade de Escoamento no GASUP – Trecho 01 Modelo Termohidráulico do trecho 1 – <http://www.tsb.com.br/repositorio/bibArq000442.pdf> 23/04/2015
- 2.3. DE-6010.10-948-PTC-001 a DE-6010.10-948-PTC-025 – Planta e Perfil do Gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre
- 2.4. Contrato de Serviço de Transporte firmado entre o Carregador e a Transportadora Sulbrasileira de Gás S.A. (TSB)
- 2.5. Processo ANP nº 48610.010500/2012-40
- 2.6. RL-ANP-FPL-007, rev.A - Análise da Influência de Parâmetros Utilizados no Modelo de Cálculo da Capacidade.
- 2.7. RL-ANP-FPL-21_RC - Cálculo de Capacidade do Trecho 1 do Gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre

3 DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO

O trecho 1 do gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre tem início na fronteira do Brasil com a Argentina sob o leito do Rio Uruguai, é de propriedade da Transportadora Sulbrasileira de Gás S.A. (TSB) e tem comprimento de 25,037 km e diâmetro nominal de 24". Uma visão geral do sistema está apresentada na Figura 1.

A Figura 2 apresenta uma visão geral do Trecho 1 do gasoduto e a Figura 2 o fluxograma do modelo de simulação desenvolvido, com o ponto de recebimento na fronteira Argentina - Brasil e o ponto de entrega de Uruguaiana.

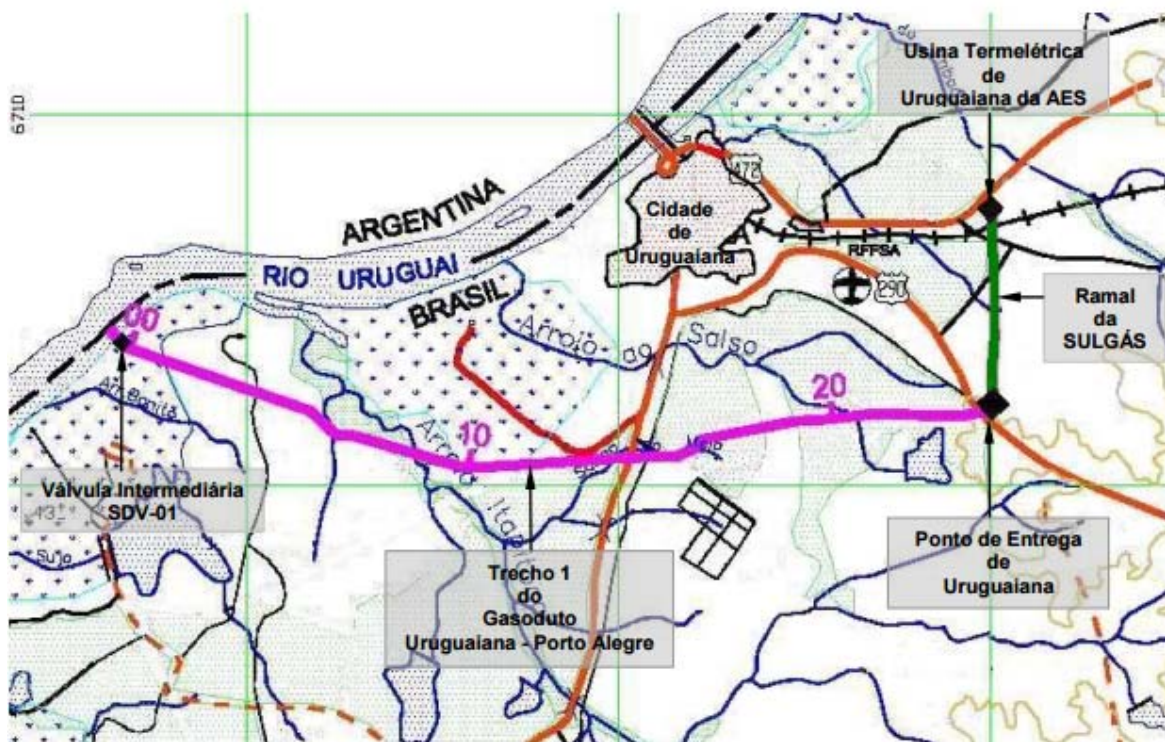


Figura 1 – Visão geral do trecho 1 do gasoduto Uruguiana-Porto Alegre (fonte: www.tsb.com.br)

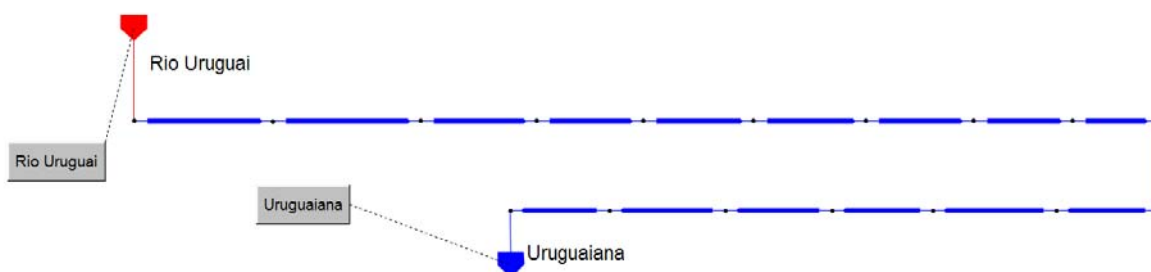


Figura 2 – Fluxograma do modelo do trecho 1 do gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

4 PREMISSAS DE CÁLCULO

4.1 Condições de Referência

- Pressão: 1 atm
- Temperatura: 20°C

As vazões apresentadas neste relatório utilizam estes valores de pressão e temperatura como referência.

4.2 Modelo de transferência de calor (Ref.2.2)

- Condução de calor radial para o solo
- Coeficiente de transferência de calor global solo-tubo: 2,7 W/m².K
- Temperatura ambiente: 28°C



4.3 Temperatura do solo

- 28°C (Ref. 2.2).

4.4 Correlações Adotadas

- Equação de Estado: BWRS (Ref. 2.5).
- Equação do Fator de Atrito: Colebrook (Ref. 2.6)
- Viscosidade: LGE (Ref. 2.6)

4.5 Software utilizado

- Pipeline Studio versão 3.4.1.0

4.6 Características do Gás (Ref. 2.5)

A composição do gás natural utilizado, com base em abril de 2015 (Ref.2.5), está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição do gás utilizado na simulação

Componente	Teor Molar (%)
Metano	93,04
Etano	3,19
Propano	0,86
i-Butano	0,47
Nitrogênio	0,97
Dióxido de Carbono	1,47

5 GASODUTO URUGUAIANA – PORTO ALEGRE – TRECHO 1

5.1 Diâmetro, espessura e PMOA

O trecho 1 do gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre é construído em aço carbono API 5LX-70, com revestimento externo de polietileno extrudado em tripla camada e espessura da parede variando ao longo do duto.

O trecho 1 foi modelado com as seguintes características descritas nas referências 2.1, 2.2 e 2.3.

- Diâmetro nominal: 24"
- Espessura: variando entre 0,256", 0,307" e 0,339"
- Pressão Máxima Operacional Admissível (PMOA): 76,48 kgf/cm²

A Tabela 2 apresenta os trechos do gasoduto que foram modelados para refletir o perfil de elevação do mesmo.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-020**REV. **B****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 6 de 13**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 1 do Gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

-

-

Tabela 2 - Seguimentos do trecho 1 do gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

Trecho	Diâmetro (pol)	Comprimento (km) *	Espessura (pol)**	Cota (m)***
Duto1	24	4,132	0,256	E 48 - D 74
Duto2	24	1,734	0,256	E 74 - D 60
Duto3	24	2,913	0,256	E 60 - D 43
Duto4	24	0,112	0,307	E 43 - D 43
Duto5	24	0,524	0,256	E 43 - D 43
Duto6	24	3,379	0,256	E 43 - D 57
Duto7	24	2,89	0,256	E 57 - D 57
Duto8	24	0,209	0,256	E 57 - D 60
Duto9	24	0,928	0,307	E 60 - D 60
Duto10	24	0,834	0,256	E 60 - D 70
Duto11	24	0,708	0,307	E 70 - D 70
Duto12	24	0,347	0,256	E 70 - D 70
Duto13	24	2,653	0,256	E 70 - D 62
Duto14	24	2,275	0,256	E 62 - D 80
Duto15	24	1,009	0,256	E 80 - D 96
Duto16	24	0,353	0,339	E 96 - D 91

* - Comprimento a partir da fronteira Argentina - Brasil;

** - Espessura média do segmento;

*** - O programa de simulação usado só permite cota nos nós, E significa a cota do lado esquerdo do e D do lado direito do segmento.

Nesse documento, as localizações e extensões, expressas em km, referem-se ao comprimento desenvolvido (real), salvo quando disposto em contrário.

5.2 Perfil Altimétrico

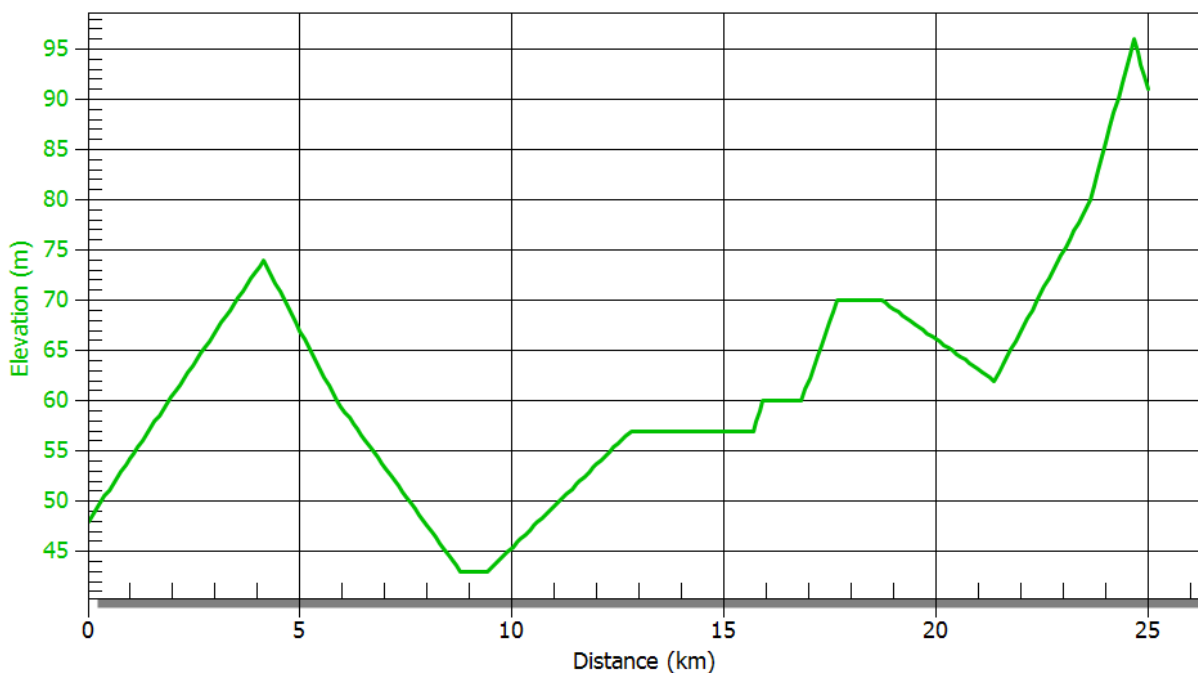
A Figura 3 apresenta o perfil de elevação utilizado no modelo, obtido a partir da referência 2.3.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-020**REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 7 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 1 do Gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

**Figura 3 – Perfil de elevação****5.3 Rugosidade**

- Rugosidade: 0,02mm (0,00078") (Ref. 2.2)

5.4 Pontos de recebimento

O ponto de recebimento considerado no modelo é localizado na fronteira da Argentina e Brasil, junto ao Rio Uruguai. As pressões e vazões de projeto estão listadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Ponto de recebimento do trecho 1 do gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

Ponto de recebimento	Localização	Cota (m)	Pressão de Projeto (kgf/cm ²)		Vazão de Projeto (Mm ³ /dia)	
			Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Rio Uruguai	km 0	48	33,65	76,48	*	*

* - Informação não obtida;

5.5 Pontos de Entrega

O ponto de entrega está localizado na extremidade oposta do gasoduto e as pressões e vazões de projeto estão listados na Tabela 4.

Tabela 4 - Ponto de entrega do trecho 1 do gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

Ponto de entrega	Localização	Cota (m)	Pressão de Projeto (kgf/cm ²)		Vazão de projeto (10 ³ m ³ /dia)	
			Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Uruguiana	km 25	91	33,65	*	*	2800

* - Dados não disponíveis nos documentos de referência;



6 CONDIÇÕES DE CONTORNO

6.1 Perfil de Consumo

De acordo com a Ref. 2.4, não há volumes contratados em base firme. A vazão utilizada como condição de contorno foi baseada no contrato extraordinário/interruptível (Ref. 2.1 e 2.5) somente para obtenção de um regime permanente convergido.

Tabela 5 – Vazão Contratual nos PTEs

Ponto de entrega	Vazão contratual (10 ³ m ³ /dia)		Condição de contorno
	Mínima	Máxima	
Uruguiana	0	0	2800 10 ³ m ³ /dia

6.2 Pressão Máxima de Operação Admissível

A pressão máxima de operação admissível no gasoduto é de 76,48 kgf/cm² (Ref. 2.1).

6.3 Pressão de Entrega Nominal Contratual

A Tabela 6 apresenta a pressão de entrega nominal, conforme a referência 2.2.

Tabela 6 – Pressão mínima contratual no PTE

Ponto de entrega	Pressão contratual (kgf/cm ²)	
	Mínima	Máxima
Uruguiana	32,00*	**

* - a pressão mínima contratual é inferior à pressão de projeto do duto / PTE (33,65kgf/cm²)

** - Dados não disponíveis nos documentos de referência;

6.4 Interconexões

A medição de vazão para transferência de custódia é realizada pela EMED de Paso de Los Libres, a 4 km da fronteira, pertencente a Transportadora de Gas del Mercosur S.A. e monitorada pela TSB, porém até o momento da elaboração do presente relatório não existem informações sobre essa EMED.

As condições de contorno no ponto de interconexão (fronteira Argentina-Brasil) devem ser reguladas nos contratos. Porém, segundo a Ref. 2.4, essa informação não existe até o momento da execução do presente relatório. A referência 2.2 informa que nesse ponto a pressão máxima é de 76,48 kgf/cm² (PMOA do duto) e a mínima admissível de 33,65 kgf/cm², sendo a mínima histórica de 34,48kgf/cm². Logo, nesse ponto foi modelado um ponto de recebimento com as seguintes características:

- Pressão Máxima: 76,48 kgf/cm²
- Pressão Mínima: 33,65 kgf/cm²



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-020**

REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 9 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 1 do Gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

-

-

- Vazão máxima de projeto: não disponível até a data de elaboração desse documento.

7 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

As distribuições de vazão e pressão no trecho 1 do gasoduto Uruguiana-Porto Alegre estão apresentadas na Figura 4.

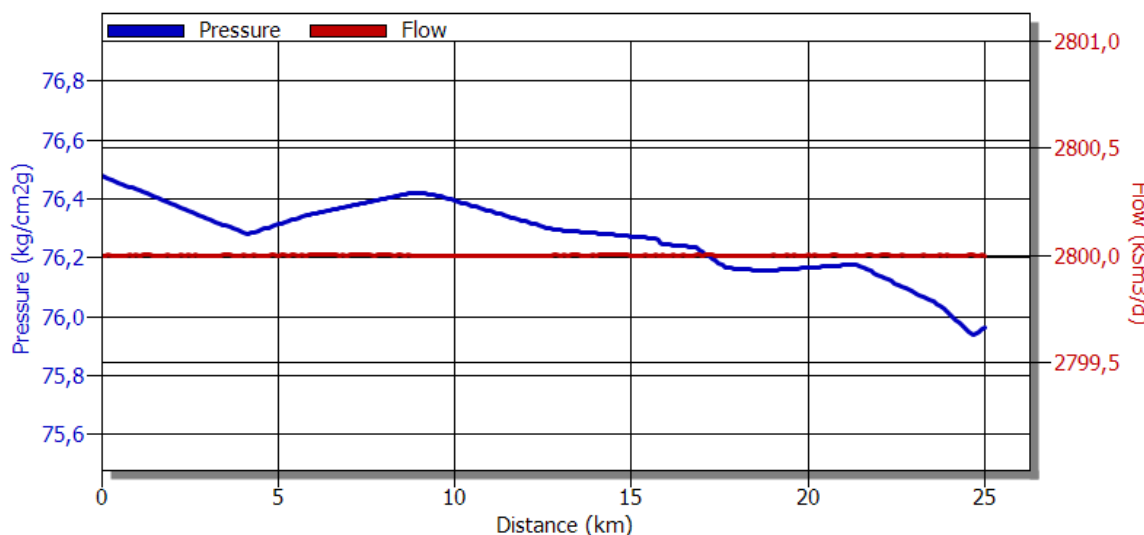


Figura 4 – Perfil de pressão e vazão

Deve-se ressaltar que os resultados das simulações que detalham as capacidades de transporte, ociosa e disponível encontram-se na referência 2.7.



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-020**

REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 10 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 1 do Gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

ANEXO – “STEADY STATE REPORT” DO MODELOS

* SIMULACAO *

*
* Default Initial Values Selected: *
*
* Pressure 54.240 *
* Flow 6129.812 *
* Temperature 28.000 *
*

*
* Problem Size Report *
*

*
* Number Maximum *
* Used Allowed *
* ----- *
*
* External Regulators 2 5000 *
* Equipment Devices 0 3000 *
* Drivers/Turbines 0 500 *
* Legs 16 10000 *
* Nodes 17 20000 *
* Knots 277 30000 *
* Stations 0 500 *
* Banks 0 1000 *
* Groups 0 1000 *
* Plants 0 10 *
* Compressor Perf Types 0 500 *
* Driver/Turb Perf Types 0 500 *
* Cylinder Types 0 500 *
* Fluids 1 100 *
* Qualities 12 26 *
*

* Steady State Convergence Summary *

=====

Iteration Number	Tolerance Requested	Greatest Hydraulic Adjustment	Greatest Temperature Adjustment	Associated Device
0	0.0001000	7.7147026	0.0000000	FLUX N17
1	0.0001000	2.6317711	0.0000000	FLUX N1
2	0.0001000	0.2644005	0.0000000	Xreg RIO_URUGUAI
3	0.0001000	0.0045995	0.0000000	Node N14
4	0.0001000	0.0000620	0.0000000	Node N13

Mode Changes

5	Xreg URUGUAIANA	FROM: Min Pres	TO: Max Flow
---	-----------------	----------------	--------------

DPMX increased to 9764.8564

5	0.0001000	4.8914E+02	0.0000000	FLUX N17
---	-----------	------------	-----------	----------

Starting over with DPMX = 68.586761



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-020**

REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 11 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 1 do Gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

* SIMULACAO *

6	0.0001000	7.7147026	0.0000000	FLUX	N17
7	0.0001000	2.6317711	0.0000000	FLUX	N1
8	0.0001000	0.2644005	0.0000000	Xreg	RIO_URUGUAI
9	0.0001000	0.0045995	0.0000000	Node	N14
10	0.0001000	0.0000620	0.0000000	Node	N13
----- Mode Changes -----					
11	Xreg	URUGUAIANA	FROM: Min Pres	TO: Max Flow	

DPMX increased to 137.17352					
11	0.0001000	1.1162E+02	0.0000000	FLUX	N17
12	0.0001000	29.8450356	0.0000000	FLUX	N17
13	0.0001000	10.4729528	0.0000000	Xreg	RIO_URUGUAI
14	0.0001000	0.5363430	0.0000000	Xreg	RIO_URUGUAI
DPMX increased to 274.34705					
15	0.0001000	0.0049599	0.0000000	Node	N14
16	0.0001000	0.0001555	0.0000000	Node	N17
17	0.0001000	0.0000002	0.0000644	TNODE	N16
DPMX increased to 548.69409					
18	0.0001000	0.0016487	0.0000644	FLUX	N17
19	0.0001000	0.0000004	0.0000321	TNODE	N3
20	0.0001000	0.0000042	0.0000020	FLUX	N9

* SIMULACAO *

* Reference Conditions Report *

Reference Pressure = 0.00 KG/CM2G
Reference Temperature = 20.00 (DEG C)

* Leg Hydraulic Summary Report ----- Time = 0.000 (HRS) *

Leg ID	Pressure KG/CM2G		Flow (KSM3/D)		Line Pack (KSM3)	Temperature (DEG C)	
	Head	Tail	Head	Tail		Head	Tail
DUTO1	76.48	76.28	2800.000	2800.000	97.1186	28.00	27.87
DUTO10	76.24	76.17	2800.001	2800.000	19.5544	27.93	27.88
DUTO11	76.17	76.16	2800.000	2800.000	16.4492	27.88	27.89
DUTO12	76.16	76.16	2800.000	2800.000	8.1317	27.89	27.89
DUTO13	76.16	76.18	2800.000	2800.000	62.1706	27.89	27.94
DUTO14	76.18	76.04	2800.000	2800.000	53.2754	27.94	27.85
DUTO15	76.04	75.94	2799.999	2799.999	23.5975	27.85	27.78
DUTO16	75.94	75.96	2799.999	2800.000	8.1355	27.78	27.81
DUTO2	76.28	76.35	2800.000	2800.000	40.7218	27.87	27.95
DUTO3	76.35	76.42	2800.000	2800.000	68.4501	27.95	28.03
DUTO4	76.42	76.42	2800.000	2800.000	2.6098	28.03	28.03
DUTO5	76.42	76.41	2800.000	2799.999	12.3164	28.03	28.02
DUTO6	76.41	76.29	2799.999	2800.000	79.3692	28.02	27.95
DUTO7	76.29	76.27	2800.000	2800.000	67.8241	27.95	27.95
DUTO8	76.27	76.25	2800.000	2800.000	4.9034	27.95	27.93
DUTO9	76.25	76.24	2800.000	2800.000	21.5793	27.93	27.93

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-020**REV. **B****PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS****FOLHA** 12 de 13**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 1 do Gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

* External Regulator Hydraulic Report ----- Time = 0.000 (HRS) *

:::
:: External Regulator Flow Balance Report ::
:::

	Mass Units (KG/H)	Volumetric Units (KSM3/D)
Total input flow	84269.047	2800.000
Total output flow	84269.047	2800.000
Network flow balance	0.000	0.000

:::
:: External Regulator Hydraulic Summary Report ::
:::

External Regulator ID	Mode of Control	Pressure KG/CM2G	Flow (KSM3/D)	Temperature (DEG C)	Specific Gravity	Heating Value (MJ/M3)
RIO_URUGUAI	Max Pres	76.48	-2800.000	28.00	0.5999	34.18
URUGUAIANA	Max Flow	75.96	2800.000	27.81	0.5999	34.18

External Regulator ID	Current Flow Rate (KSM3/D)	Accumulated Volume (KSM3)	Timer Value (HRS)
RIO_URUGUAI	-2800.000	0.000	0.000
URUGUAIANA	2800.000	0.000	0.000

:::
:: Supply External Regulator Hydraulic Summary Report ::
:::

Supply Xreg ID	Mode of Control	Pressure KG/CM2G	Flow (KSM3/D)	Temperature (DEG C)	Specific Gravity	Heating Value (MJ/M3)
RIO_URUGUAI	Max Pres	76.48	-2800.000	28.00	0.5999	34.18

Supply Xreg ID	Current Flow Rate (KSM3/D)	Accumulated Volume (KSM3)	Timer Value (HRS)
RIO_URUGUAI	-2800.000	0.000	0.000

:::
:: Delivery External Regulator Hydraulic Summary Report ::
:::

Delivery Xreg ID	Mode of Control	Pressure KG/CM2G	Flow (KSM3/D)	Temperature (DEG C)	Specific Gravity	Heating Value (MJ/M3)
URUGUAIANA	Max Flow	75.96	2800.000	27.81	0.5999	34.18

Delivery Xreg	Current Flow Rate	Accumulated Volume	Timer Value
------------------	----------------------	-----------------------	----------------



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-020**

REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 13 de 13

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 1 do Gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre

ID	(KSM3/D)	(KSM3)	(HRS)
URUGUAIANA	2800.000	0.000	0.000

* Node Mass Balance Error Report ----- Time = 0.000 (HRS) *

Threshold Level = 0.0100 (KSM3/D)
No Mass Balance Errors above Threshold

:::::::::::::::::::::::::::::::::::::
:: Pressure/Flow Violation Reports ::
:::::::::::::::::::::::::::::::::::::

ALL XREGS FALL WITHIN PRESSURE BOUNDS
ALL INTERNAL LEG KNOTS FALL WITHIN PRESSURE BOUNDS

:::::::::::::::::::::::::::::::::::::
:: Setpoint/Constraint Violation Reports ::
:::::::::::::::::::::::::::::::::::::

ALL XREGS COMPLY WITH MONITORED CONSTRAINTS

TRANSIENT GAS NETWORK MODEL (TGNET)
RELEASE 7.6 LEVEL 00 30-SEP-2008

STEADY-STATE MODULE