



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
ÁREA DE ATIVIDADE:	TRANSP. BRAS. GAS. BOLÍVIA-BRASIL	FOLHA	1 de 23
INSTALAÇÃO:	GERAL		
SERVIÇO:	SIMULAÇÃO		
GENG	TÍTULO : SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS EMED DE MUTUN /GASCAR		

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	ORIGINAL
A	Alteração da configuração de estações de compressão em operação, inclusão do item 3.6 e revisão na conclusão.
B	Alteração na distribuição de demandas de entrega.
C	Revisão geral para atendimento aos comentários da ANP.

	ORIGINAL	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G
DATA	29/11/17	14/12/17	15/12/17	16/10/18				
EXECUÇÃO	Sergio A. M. Lacerda	Sergio A. M. Lacerda	Sergio A. M. Lacerda	Sergio A. M. Lacerda				
VERIFICAÇÃO	Fabio C. G. de Marco	Cristiane S. Frota	Cristiane S. Frota	Fabio C. G. de Marco				
APROVAÇÃO	Marcelo D. Nunes	Marcelo D. Nunes	Marcelo D. Nunes	Marcelo D. Nunes				



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	2 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

ÍNDICE

1. OBJETIVO _____	3
2. DEFINIÇÕES E SIGLAS _____	3
3. REFERÊNCIAS _____	4
4. DADOS BÁSICOS _____	6
5. DESCRIÇÃO DOS CONTRATOS DE TRANSPORTE _____	16
6. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO (REGIME PERMANENTE) _____	17
7. CONCLUSÃO _____	22
8. BIBLIOGRAFIA _____	22
9. ANEXOS _____	23



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	3 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

1. OBJETIVO

O presente relatório apresenta as premissas, parâmetros e os resultados da simulação termo hidráulica, em regime permanente, do gasoduto Bolívia-Brasil, considerando os pontos de recebimento pela Estação de Medição de Mutun e pela Estação de Medição de Gascar. O objetivo do relatório é a verificação do perfil operacional do gasoduto com a injeção de gás nacional pela Estação de Medição de Gascar.

2. DEFINIÇÕES E SIGLAS

BWRS - Benedict-Webb-Rubin-Starling, equação de estado composicional que pode prever a mistura de diferentes gases no duto.

CORRELAÇÃO LGE - Lee-Gonzalez-Eakin correlação que se trata de um equacionamento simplificado do cálculo de viscosidade para gás natural

EMED – Estação de Medição de Vazão de gás natural

ECOMP – Estação de Compressão de gás natural

GASCAR - Gasoduto de transferência Campinas–Rio

HUB- é um ponto central de interconexão de gasodutos, responsável por ramificar entregas de gás natural para diversas regiões

PE – Pontos de Entrega de gás natural

TRECHO NORTE – trecho de duto entre Corumbá/MS e Paulínia/SP com cerca de 1264 km desenvolvidos, o gasoduto é constituído de tubulação de aço carbono de especificação API 5L X70 de 32” de diâmetro externo

TRECHO REPLAN-GUARAREMA – trecho de duto entre Paulínia/SP – Guararema/SP Seção Paulínia – Guararema com cerca de 155 km desenvolvidos, o gasoduto é constituído de tubulação de aço carbono de especificação API 5L X70, de 24 polegadas de diâmetro externo.

TRECHO SUL – trecho de duto entre Replan (Paulínia) até Canoas, com cerca de 1189 km desenvolvidos, o gasoduto é subdividido nas seguintes seções: O trecho Paulínia-Araucária tem cerca de 478. O material das tubulações é aço carbono de especificação API 5L X70, de 24 polegadas de diâmetro externo. O trecho Araucária - Biguaçu tem cerca de 279 quilômetros desenvolvidos. O material é aço carbono de especificação API 5L X70, de 20 polegadas de diâmetro externo. O trecho Biguaçu-Siderópolis, tem 180 quilômetros desenvolvidos e é constituída de tubulação de aço carbono de especificação API 5L X65, de 18 polegadas de diâmetro externo. O trecho Siderópolis-Canoas, com cerca de 252 quilômetros desenvolvidos, é



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	4 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

constituído de tubulação de aço carbono de especificação API 5L X65, de 16 polegadas de diâmetro externo.

3. REFERÊNCIAS

- 3.1. Contrato de transporte de Gás TCQ Brasil de 25 de fevereiro de 1999
- 3.2. Contrato de transporte de Gás TCO Brasil de 25 de fevereiro de 1999
- 3.3. Contrato de transporte de Gás TCX Brasil de 25 de fevereiro de 1999
- 3.4. Contrato de transporte de Gás CPAC 2007 de 01 de outubro de 2010
- 3.5. Gás Combustível – Motogeradores
 - 3.5.1. Corumbá - I-FD-2212-333-XST-000-B - gas engine data sheet – 2212-GE-001A/B/C
 - 3.5.2. Miranda - I-FD-2213-333-XST-000-D - gas engine data sheet – 2213-GE-001A/B/C
 - 3.5.3. Anástácio - I-FD-2214-333-XST-000-B - gas engine data sheet – 2214-GE-001A/B/C
 - 3.5.4. Campo Grande - I-FD-4600.15-6240-333-SKM-001-D - gas engine data sheet
 - 3.5.5. Ribas do Rio Pardo - I-FD-2216-333-XST-000-B - gas engine data sheet – 2216-GE-001A/B/C
 - 3.5.6. Três Lagoas - I-FD-2217-333-XST-000-D - gas engine data sheet – 2217-GE-001A/B/C
 - 3.5.7. Mirandópolis - I-FD-3219-333-XST-000-B - gas engine data sheet – 3219-GE-001A/B
 - 3.5.8. Penápolis - I-FD-4600.21-6240-333-SKM-001-D – vendor data book of gas compression station project
 - 3.5.9. Iacanga - I-FD-3222-333-XST-000-C - gas engine data sheet – 3222-GE-001A/B
 - 3.5.10. São Carlos - I-FD-3224-333-XST-000-C - gas engine data sheet – 3224-GE-001A
 - 3.5.11. Paulínia - FD-3225-711-XST-003-C- gas engine data sheet – 3225-GE-001A



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	5 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

- 3.5.12. Capão Bonito - I-FD-3255-333-UNE-018-0 - gas engine for generator - 3255-MC-GE-001
- 3.5.13. Araucária - I-FD-4600.61-5140-333-CAA-001-C – gas engine generator MC-GE-46006101 A/B
- 3.5.14. Biguaçu - I-FD-4600.68-5140-333-GCS-001-C - gas engine – generator MC-GE-46006801 A/B
- 3.5.15. Siderópolis - FD-4282-711-TIA-002-0 – Moto gerador – STEMAC – No serie 500123109
- 3.6. Gás Combustível – aquecedores das ECOMPs
 - 3.6.1. Corumbá – FD-2212-450-MJT-001-C – aquecedor de gás combustível – 2212-P-002 A/B
 - 3.6.2. Anástácio - DE-2214-944-ASV-001-E – Aquecedor de gás indireto – 2214-P-002 A/B)
 - 3.6.3. Campo Grande - I-FD-4600.15-6240-940-SKM-001-J – normal utilities consumption
 - 3.6.4. Ribas do Rio Pardo - DE-2216-944-ASV-001-E - Aquecedor de gás indireto – 2216-P-002 A/B)
 - 3.6.5. Três Lagoas - I-FD-2217-450-MJT-001-C - fuel gas heater (2217-P-002 A/B)
 - 3.6.6. Mirandópolis - DE-3219-944-ASV-001-E - Aquecedor de gás indireto – 3219-P-002 A/B)
 - 3.6.7. Penápolis - I-FD-4600.21-6240-940-SKM-001-E – normal utilities consumption
 - 3.6.8. Iacanga - FD-3222-450-MJT-001-C - aquecedor de gás combustível - 3222-P-002 A/B
 - 3.6.9. São Carlos - I-FD-3224-450-MJT-001-C - fuel gas heater (3224-P-002 A/B)
 - 3.6.10. Paulínia - I-FD-3225-450-MTI-001-B - aquecedor de gás combustível - 3225-P-002 A/B
 - 3.6.11. Capão Bonito - FD-3255-450-UNE-002-B – utility gas heater (3255-P-002 A/B)
- 3.7. Gás combustível para Purga
 - 3.7.1. Corumbá – FD-2212-813-MJT-001-I – orifício de restrição



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	6 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

- 3.7.2. Miranda - FD-2213-813-MJT-001-J - orifício de restrição
- 3.7.3. Anástácio - FD-2214-813-MJT-001-H - orifício de restrição
- 3.7.4. Ribas do Rio Pardo - FD-2216-813-MJT-006-D - rotâmetro
- 3.7.5. Três Lagoas - FD-2217-813-MJT-001-E - orifício de restrição
- 3.7.6. Mirandópolis - FD-3219-813-MJT-006-D - rotâmetro
- 3.7.7. Iacanga - FD-3222-813-MJT-006-D - rotâmetro
- 3.7.8. São Carlos - FD-3224-813-MJT-001-E - orifício de restrição
- 3.7.9. Paulínia - FD-3225-813-DIO-001-A - orifício de restrição e placa de orifício
- 3.7.10. Capão Bonito - I-FD-3255-813-UNE-034-0 - rotameters
- 3.8. MD-5000-940-TOE-005 - Descrição das Instalações do Gasoduto Bolívia-Brasil
- 3.9. RL-5000-962-TOC-003 – Simulação Termo Hidráulica, conforme construído, para capacidade nominal de entrega 30,08 MMm³/d, sem considerar a disponibilidade do sistema.
- 3.10. RL-5000-962-TOC-005 - Modelo Termo Hidráulico – Expansão Trecho Sul
- 3.11. RL-5000-962-TOC-007 – Simulação Termo Hidráulica – Expansão Trecho Sul, condição operacional 2008.

4. DADOS BÁSICOS

A vazão de entrega nominal do Trecho Norte (Corumbá-Replan), considerando o recebimento pela EMED Mutum, é de 30,08 MM m³/dia, conforme descrito no relatório de simulação RL-5000-962-TOC-003.

A vazão de entrega nominal do Trecho Sul (Replan-Canoas) é de 12,57 MM m³/dia, conforme descrito no relatório de simulação RL-5000-962-TOC-007.

A vazão de entrega nominal no Trecho Siderópolis-Canoas é de 2,8 MM m³/dia, conforme descrito no relatório de simulação RL-5000-962-TOC-005.

4.1. Premissas de Cálculo

4.1.1. **Base de Referência da Vazão:** Temperatura de 20°C e Pressão de 1 atm.

4.1.2. **Modelo de Transferência de Calor:** Coeficiente de transferência de calor solo-tubo de 1.9 kcal/h.m².°C.



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	7 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

4.1.3. **Correlações Adotadas:** Pipe Friction Factor AGA (“Drag Factor” = 0.96) e Equation of State for z factor: BWRS.

4.1.4. **Viscosidade:** Utilizada a correlação LGE.

4.1.5. **Rugosidade:** Trechos Corumbá–Paulínia: 0.009; Paulínia–Araucária: 0.011 mm; Paulínia–Guararema: 0.018 mm; Araucária–Biguaçu: 0.011 mm; Biguaçu-Siderópolis: 0.025 mm.

4.1.6. **Características do Gás:**

Para definição da composição do gás natural utilizada no modelo de simulação do gasoduto foi utilizada a variação histórica. Os valores foram apurados durante o ano de 2012 no período entre os dias 01/01/2012 até o dia 31/12/2012 com base nos valores medidos diariamente pelo cromatógrafo instalado no Ponto de Recebimento em Mutun.

Em ambos os pontos de entrada (Mutun e GASCAR) foi utilizado a mesma definição de composição do gás pois o histórico da cromatografia pela injeção pela EMED GASCAR é pouco significativa

Tabela 1 - Composição do Gás Natural

Componente	Composição
C1- Metano	89,2%
C2- Etano	5,9%
C3- Propano	1,81%
IC4- Isobutano	0,29%
NC4- N-butano	0,4%
IC5- Isopentano	0,12%
NC5 - N-pentano	0,08%
C6 - Hexano	0,09
CO2 – Gás Carbônico	1,39%
N2 - Nitrogênio	0,71%
Densidade relativa	0,632
Poder calorífico superior	9542,0 kcal/m ³
Poder calorífico inferior	9512,1 kcal/m ³

4.1.7. **Temperatura Ambiente:** A temperatura ambiente considerada na simulação foi de 27° C para todas as estações de compressão do trecho Corumbá–Miranda, Miranda-São Carlos e de 26° C para as estações do trecho Paulínia–Canoas



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	8 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

4.1.8. **Temperatura do Solo:** a Tabela 2 apresenta os valores de temperatura do solo para os trechos do gasoduto

Tabela 2- Temperatura do solo por trechos

Comprimento (km)		Verão
km inicial	km final	(°C)
Rio Grande - Curitiba		
0	600	30
600	1244	28
1244	2056	26
2056	2296	24
Curitiba - Porto Alegre		
0	712.7	21
Campinas - Guararema		
0	155.3	24

4.1.9. **Software utilizado:** Pipeline Studio versão 3.6.1

4.1.10. **Condições Comerciais:** Contratos Vigentes. As simulações realizadas neste relatório consideraram a existência dos contratos TCQ, TCX e TCO, firmados no regime postal, que garante ao carregador flexibilidade para solicitação de transporte de maneira combinada nos Pontos de Recebimento e Pontos de Entrega, até o limite da capacidade contratada. Não há, assim, previsão contratual quanto a restrições na forma como as quantidades contratadas podem ser distribuídas ao longo do gasoduto, exceto pelos limites das capacidades instaladas. Esta condição comercial limita a oferta de capacidade a outros agentes interessados na contratação de capacidade firme no gasoduto de transporte.

4.2. **Pressão de Entrega Nominal Contratual**

As pressões de entrega foram consideradas na simulação conforme definido na Tabela 4, sendo que para efeito de penalidades contratuais, a pressão mínima de entrega é 10% inferior às pressões nominais informadas acima.

4.3. **Máxima Pressão Admissível de Operação**

A máxima pressão de operação no Trecho Norte (da fronteira até a REPLAN) e Trecho Sul da REPLAN até Araucária é de 100 kgf/cm². A máxima pressão de operação para os Trechos Araucária - Canoas e REPLAN - Guararema é de 75 kgf/cm².

4.4. **Pontos de Interconexão.**

As condições de contorno nos pontos de interconexão foram definidas conforme descrito abaixo:



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002	
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	9 de 23	
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR			

A Estação de Medição de Mutun foi considerada um ponto de recebimento com as seguintes características:

- Pressão Máxima: 100 kgf/cm²
- Vazão máxima de projeto: 40 MMm³/d.
- Condição de Contorno: N.A

A Estação de Medição de GASCAR foi considerada um ponto de recebimento com as seguintes características:

- Pressão Máxima: 100 kgf/cm²
- Pressão mínima: 55 kgf/cm²
- Vazão máxima de projeto: 15 MMm³/d.
- Condição de Contorno: Pressão Máxima: 65 kgf/cm²

Obs.1: O alinhamento das válvulas do HUB Paulínia considerou todo o fluxo da EMED Gascar direcionado para o Trecho Sul, desta forma, todo o Trecho Norte, incluindo o Trecho Replan-Guararema, foi suprido pelo gás boliviano, recebido na EMED Mutun.

Obs.2: Foi considerada a premissa de 65 kg/cm² como a pressão mínima para fornecimento pela malha da Nova Transportadora do Sudeste (NTS) na condição de máxima vazão do Trecho Sul (12,5 Mm³/dia).

A Estação de Medição de Guararema foi considerada como um ponto de entrega com as seguintes características:

- Pressão Máxima: 75 kgf/cm²
- Pressão mínima: 55 kgf/cm²
- Vazão máxima de projeto: 15 MMm³/d.
- Condição de Contorno: Vazão Máxima: 6,02 MMm³/d

A Tabela 3 apresenta a Caracterização dos pontos de interconexão.

Tabela 3 - Caracterização dos Pontos de Interconexão

Ponto de Interconexão	Tipo	Pressão Mínima	Pressão Máxima	Condição de Contorno	Capacidade Máxima
		(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)		(Mm ³ /d)
EMED Mutun	Ponto de Recebimento	N.A	100	N.A	40.000
EMED GASCAR	Ponto de Recebimento	55	100	Pmax= 65 kgf/cm ²	15.000
EMED GASCAR	Ponto de Entrega	N.A	100	N.A	15.000
EMED GASPAJ	Ponto de Entrega	65	100	Q.Máx= 338.9 Mm ³ /dia	1.200
EMED Guararema	Ponto de Entrega	55	75	Q.Máx= 6020 Mm ³ /dia	15.000



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	10 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN / GASCAR		

4.5. Pontos de Entrega

As condições de contorno nos pontos de entrega foram definidas conforme descrito abaixo:

Trecho Norte: Foram utilizados os valores médios diários acrescidos do desvio padrão, com base nos valores históricos dos últimos dois anos setembro/2015 a agosto/2017.

Trecho Sul: Para os pontos de entrega Araucária UTE, Araucária CIC, Repar a condição de contorno é a vazão contratada, conforme definido no relatório de simulação RL-5000-962-TOC-007. Para os demais pontos de entrega do Trecho Sul, foram utilizados os valores médios diários, com base nos valores históricos dos últimos dois anos setembro/2015 a agosto/2017. A Tabela 4 apresenta esses valores.

Tabela 4 – Condição de contorno Pontos de Entrega

Zona de Entrega	Pontos de Entrega	Pressão de Entrega Contratual	Vazão Modelada	Localização	Capacidade de Mínima	Capacidade de Máxima
		(kgf/cm ²)	(Mm ³ /dia)	(km desenvolvido)		(kSm ³ /d)
Mato Grosso do Sul	Corumbá	35	0	27.7	39.6	990.0
	Campo Grande	35	500.15	34911	96.0	1800.0
	Três Lagoas UFN-III	50	0	703.5	192.0	3600.0
	Três Lagoas UTE	50	2120.70	703.5	192.0	3600.0
São Paulo	Valparaíso	35	23.20	809.8		255.0
	Bilac	35	78.82	857.4	23.2	432.5
	Guaíçara	35	73.45	932.6	39.6	990.0
	Iacanga	35	154.86	1018.4	39.6	990.0
	Ibitinga	35	46.38	1039.3	39.6	990.0
	Boa Esperança do Sul	35	223.53	1095.8	96.0	1800.0
	São Carlos	35	288.14	1150.5	39.6	990.0
	Itirapina	35	0.80	1168.2	4.5	112.0
	Rio Claro	35	1242.97	1204.4	96.0	1800.0
	Limeira	35	1144.03	1223.3	96.0	1800.0
	Americana	35	364.65	1245.4	96.0	1800.0
	Replan	40	2186.10	1263.9	192.0	3600.0
	Jaguariúna	35	1383.46	9.2	192.0	3600.0
	Itatiba	35	720.69	48.9	96.0	1800.0
	Guararema	35	598.40	138.9	96.0	1800.0
	Gemini	Pressão da rede	270.0	2.0	39.6	990.0
	Sumaré	35	268.0	16.0	39.6	990.0
	Campinas	35	59.4	28.7	96.0	1800.0
	Indaiatuba	35	71.3	49.8	23.2	432.5
Itu	35	450.9	68.7	192.0	3600.0	
Porto Feliz	35	449.1	85.0	96.0	1800.0	



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	11 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

	Araçoiaba da Serra	35	162.0	110.2	23.2	432.5
	Itapetininga	35	5.1	155.3	39.6	990.0
Paraná	Campo Largo	35	360.0	456.6	23.2	432.5
	Araucária-CIC	35	1380.0	475.5	96.0	1800.0
	Araucária-UTE	38	2100.0	477.5	96.0	2500.0
	Repar	35	2812.0	477.5	192.0	3600.0
	Joinville	35	109.1	583.2	13.6	255.0
Santa Catarina	Guaramirim	35	386.5	613.8	39.6	990.0
	Gaspar	35	154.9	669.4	39.6	990.0
	Brusque	35	17.5	692.3	13.6	255.0
	Tijucas	35	285.0	727.7	23.2	432.5
	São Pedro de Alcântara	35	66.0	767.7	13.6	255.0
	Tubarão	35	123.0	894.7	13.6	255.0
	Urussanga	35	240.1	925.5	23.2	432.5
	Nova Veneza	24	337.0	947.7	23.2	432.5
	Várzea do	24	129.8	1077.9	23.2	432.5
Rio Grande do Sul	Igrejinha	18	11.7	1138.4	4.5	112.0
	Araricá	24	178.8	1155.3	13.6	255.0
	Cachoeirinha	24	237.9	1184.2	39.6	990.0
	Refap	28	641.8	1189.7	39.6	990.0
	Canoas	28	674.0	1189.7	96.0	1800.0
	Canoas-UTE	35	589.4	1189.7	192.0	3600.0

4.6. Características do Gasoduto

4.6.1. Perfil do Gasoduto

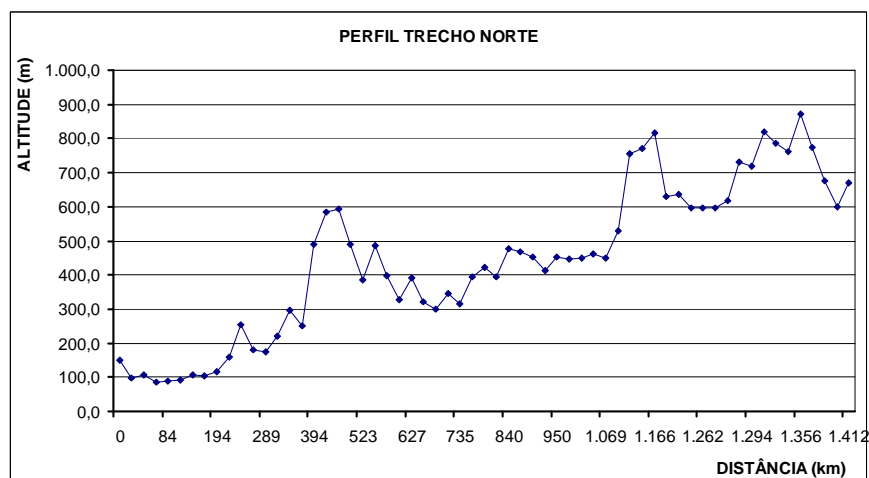
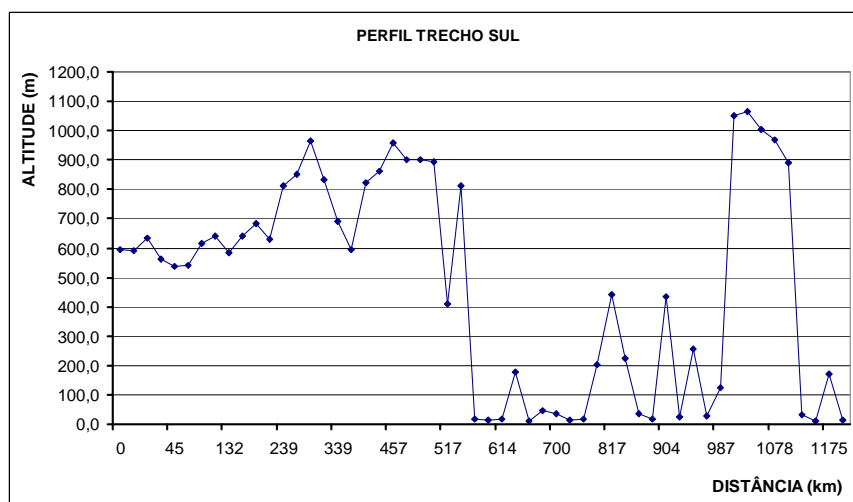




Figura 2 – Perfil Altimétrico do Trecho Sul



4.7. Estações de Compressão

Ao todo quinze (15) estações de compressão integram o gasoduto Bolívia-Brasil.

4.7.1. Localização, elevação e perda de carga, e limites operacionais

A Tabela 5 apresenta o quilômetro desenvolvido, a elevação dos dutos no local de cada estação de compressão, as perdas de carga na sucção e descarga e o limites operacionais das estações.

Tabela 5 – Localização, elevação e perda de carga das Estações de Compressão

ECOMP	Localização (km)	Elevação (m)	Pressão Mín. de sucção (kgf/cm ²)	Pressão Máx de Descarga (kgf/cm ²)	Temp. Máx. na descarga Compressor	Temp. Máx. na descarga ECOMP	Perda de carga sucção (kgf/cm ² g)	Perda de carga descarga (kgf/cm ² g)
Corumbá	47.8	126.23	55	100	70	48	0.5	1.5
Miranda	171.3	109.15						
Anastácio	286.1	175.02						
Campo Grande	391.6	497.14						
Ribas do Rio Pardo	519.2	383.11						
Três Lagoas	647.3	321.78						
Mirandópolis	775.7	419.16						
Penápolis	894.0	453.74						
Iacanga	1015.5	444.82						
São Carlos	1137.5	769.54						
Paulínia	1260.6	594.7						



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	13 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

Capão Bonito	1477.1	673.35						
Araucária	1739.0	906.47	45.6	70	65	48	0.3	0.4
Biguaçu	2017.9	14.75	49.2	75	63	48		
Siderópolis	2198.0	255	42	75	55	48		

4.7.2. Configuração das Máquinas

A Tabela 6 apresenta a configuração atual das estações de compressão.

Tabela 6 – Configuração atual das Estações de Compressão

ECOMP	Nº de Compressores	Acionador Fornecedor-Tipo - Potência Nominal (ISO)		Compressor Fornecedor-Tipo
Corumbá	2+1 (reserva)	Turbina a Gás SOLAR Mars 100 - 15000 hp		Centrífugo MHI – 5V-3
Miranda	2+1 (reserva)	Turbina a Gás SOLAR Mars 100 - 15000 hp		Centrífugo MHI – 5V-3
Anastácio	2+1 (reserva)	Turbina a Gás SOLAR Mars 100 - 15000 hp		Centrífugo MHI – 5V-3
Campo Grande	4	3	Turbina a Gás SOLAR Taurus 60 - 7000 hp	Centrífugo MHI – 3V-2
		1	Turbina a Gás SOLAR Taurus 60 - 7302 hp	
Ribas do Rio Pardo	2	Turbina a Gás SOLAR Mars 100 - 15000 hp		Centrífugo MHI – 5V-3
Três Lagoas	2	Turbina a Gás SOLAR Mars 100 - 15000 hp		Centrífugo MHI – 5V-3
Mirandópolis	2	Turbina a Gás SOLAR Mars 100 - 15000 hp		Centrífugo MHI – 5V-3
Penápolis	4	3	Turbina a Gás SOLAR Taurus 60 - 7000 hp	Centrífugo MHI – 3V-2
		1	Turbina a Gás SOLAR Taurus 60 - 7302 hp	
Iacanga	2	Turbina a Gás SOLAR Mars 100 - 15000 hp		Centrífugo MHI – 5V-3
São Carlos	2	Turbina a Gás SOLAR Mars 100 - 15000 hp		Centrífugo MHI – 5V-3
Paulínia	1+2 (reserva)	Turbina a Gás SOLAR Mars 100 - 15000S hp		Centrífugo MHI – 5V-3
Capão Bonito	2+1 (reserva)	Turbina a Gás SOLAR Taurus 60 - 7800S hp		Centrífugo MHI – 3V-2
Araucária	4	Motor a Gás Waukesha L 7042 GSI – 1200 hp		Recíproco Nuovo Pignone – 2SHM/1
Biguaçu	3	Motor a Gás Waukesha L 5790 GSI /1000 hp		Recíproco Nuovo Pignone – 2HM/1
Siderópolis	2+2 (reserva)	Motor a Gás Caterpillar G 3516 GSI / 1300 hp		Recíproco Ariel –JGT/4

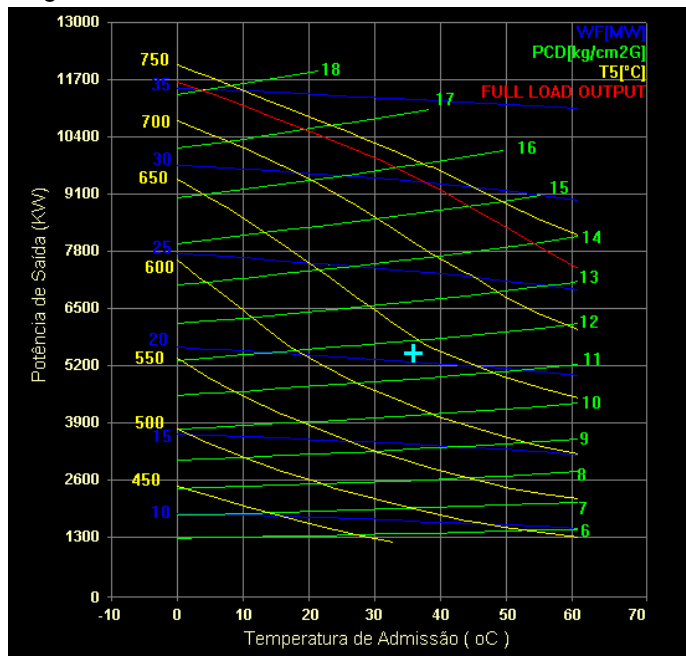


4.7.3. Curvas Características dos Acionadores e Compressores

O modelo foi configurado utilizando a opção de detalhamento de acionadores mecânicos (drivers) para os tipos de compressores. A modelagem das turbinas a gás se baseia no levantamento de suas curvas específicas de desempenho, fornecidas pelo fabricante, e posterior determinação dos parâmetros operacionais que são configurados no modelo. As curvas de desempenho e parâmetros configurados estão descritas nos itens abaixo.

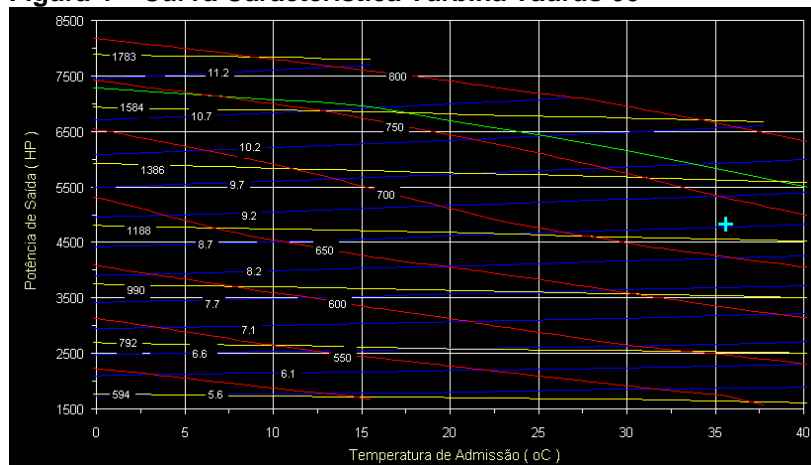
- MARS 100 – 15000 hp

Figura 3 – Curva Característica Turbina Mars 100



- TAURUS 60 – 7000 hp

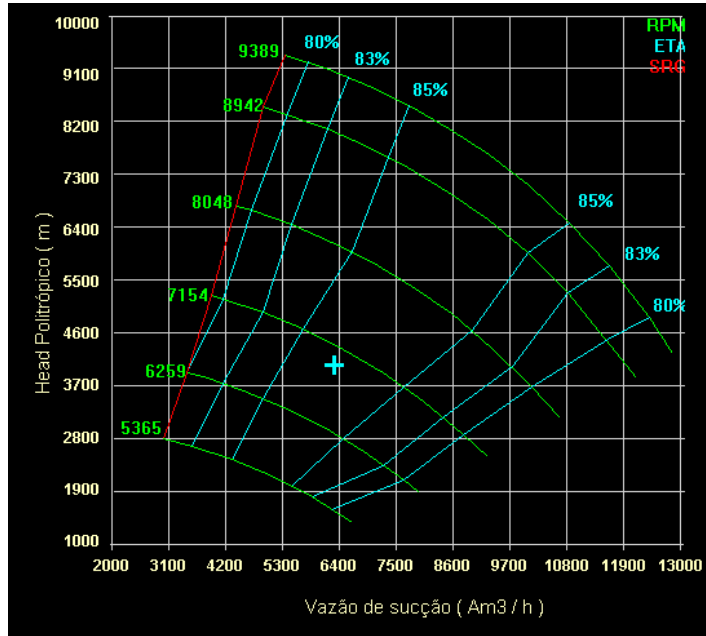
Figura 4 – Curva Característica Turbina Taurus 60





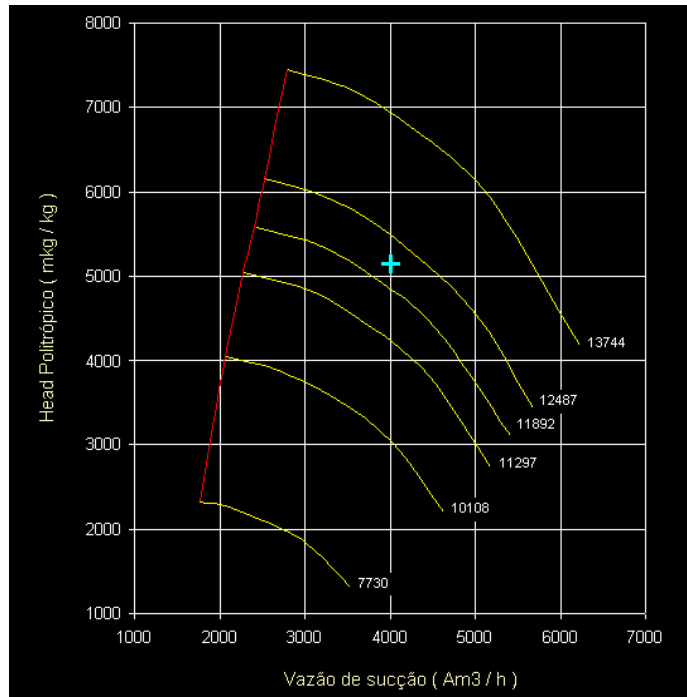
- Compressor MHI – 5V-3

Figura 5 – Curva Característica Compressor MHI-5V-3



- Compressor MHI – 3V-2

Figura 6 – Curva Característica Compressor MHI-5V-3





CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	16 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

5. DESCRIÇÃO DOS CONTRATOS DE TRANSPORTE

5.1. TCQ - Quantidade Contratual de Transporte

Carregador: Petróleo Brasileiro S.A.

Tipo de Serviço: Serviço de Transporte Firme de Longo Prazo

Início: 15/12/1998

Término: 31/12/2019

Capacidade Contratada:

Tabela 7- Capacidade Contratada TCQ

1999	2000	2002	Jan-Abr 2003	Jan-Abr 2003	2014-2019
2,2 MMm ³	9,1 MMm ³	11,4 MMm ³	12,6 MMm ³	18,08 MMm ³	18,08 MMm ³

5.2. TCO - Quantidade Opcional de Transporte

Carregador: Petróleo Brasileiro S.A.

Tipo de Serviço: Serviço de Transporte Firme de Longo Prazo

Início: 05/09/2001

Término: 04/09/2041

Capacidade Contratada:

6,0 MMm³/dia (05/09/2001 até 31/06/2002)

3,9 MMm³/dia (01/07/2002 até 31/12/2002)

6,0 MMm³/dia (01/01/2003 até 04/09/2041)

5.3. TCX - Quantidade Excedente de Transporte

Carregador: Petróleo Brasileiro S.A.

Tipo de Serviço: Serviço de Transporte Firme de Longo Prazo



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	17 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

Início: 01/01/2003

Término: 31/12/2021

Capacidade Contratada:

5,675 MMm³/dia (01/01/2003 até 30/06/2003)

5,350 MMm³/dia (01/07/2003 até 31/08/2010)

6,000 MMm³/dia (01/09/2010 até 31/12/2021)

5.4. CPAC 2007

Carregador: Petróleo Brasileiro S.A.

Tipo de Serviço: Serviço de Transporte Firme de Longo Prazo

Início: 01/10/2010

Término: 30/09/2030 Capacidade Contratada: 5,2 MMm³/dia

6. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO (REGIME PERMANENTE)

6.1. Relatório da Simulação em Regime Permanente

O Relatório de simulação termo hidráulico é apresentado no Anexo 01

6.2. Estoque (Empacotamento)

Tabela 8 – Resultado Simulação Permanente - Estoque

Trecho	Corumbá-Replan	Replan-Guararema	Replan-Canoas	Total
Empacotamento MMm ³	62.48	3.44	21.04	86,96

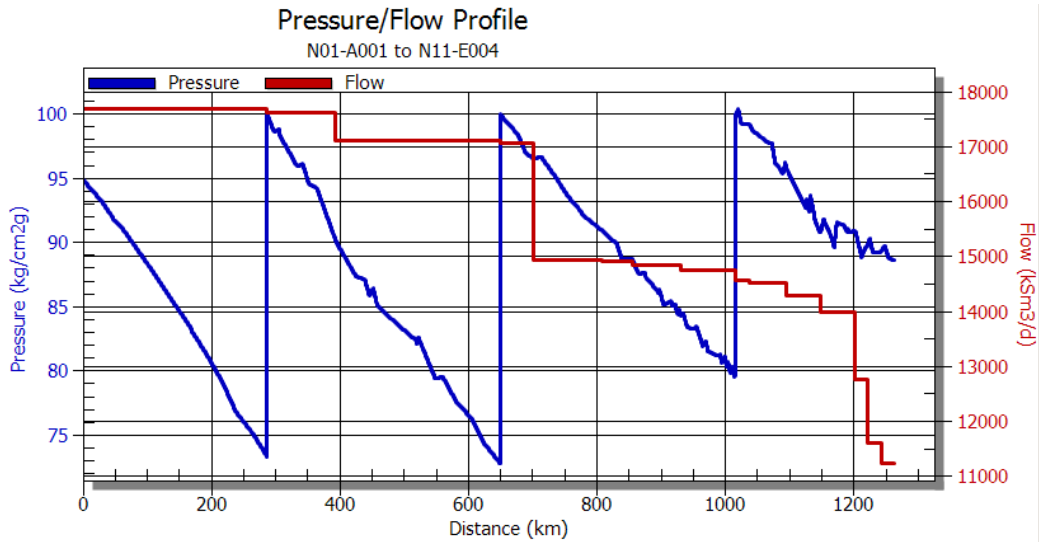
6.3. Perfis de Pressão e Vazão.

As distribuições de pressão e vazão dos trechos Norte, Sul e Replan-Guararema, representadas nos gráficos 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3, demonstram que, considerando o cenário apresentado, nenhum limite operacional foi ultrapassado ou atingido.



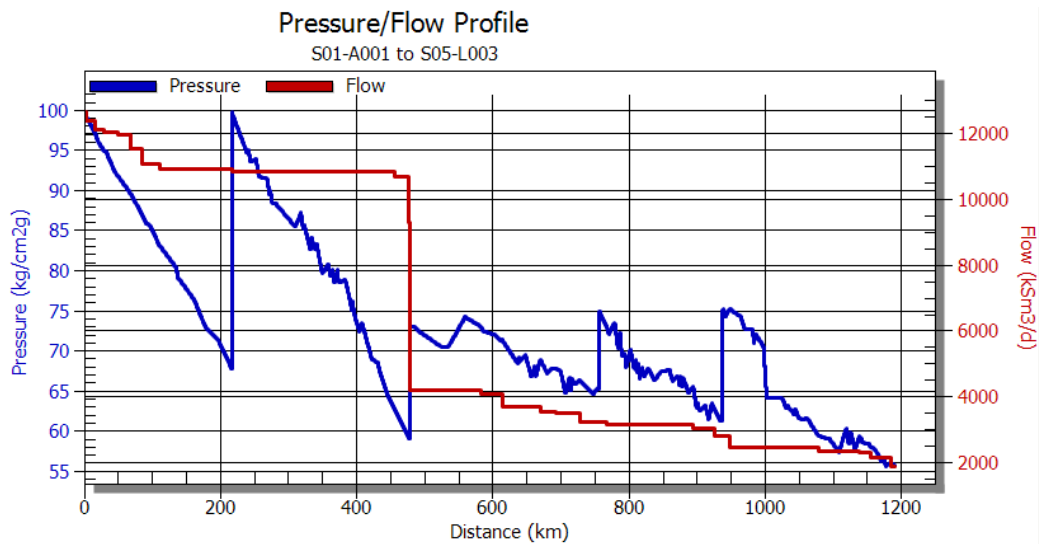
6.3.1. Trecho Norte

Figura 7 – Perfil de Pressão x Vazão do Trecho Mutun-Paulínia



6.3.2. Trecho Sul

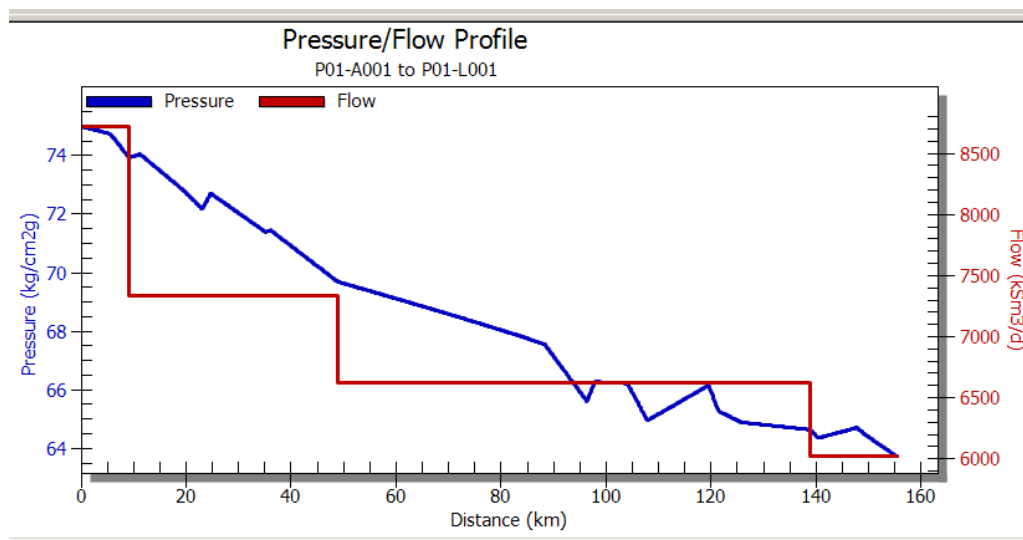
Figura 8 – Perfil de Pressão x Vazão do Trecho Paulínia-Canoas



6.3.3. Trecho Replan-Guararema



Figura 9 – Perfil de Pressão x Vazão do Trecho Paulínia-Guararema



6.4. Pontos de Recebimento

Tabela 9 – Resultado Simulação Permanente – Pontos de Recebimento

ESTAÇÕES	Vazão (Mm3/d)	Temperatura chegada (°C)	Pressão entrada (kgf/cm²)
EMED MUTUN	17681.1	34.9	94.9
EMED GASCAR	12702.1	25	65
TOTAL	30380.4		

6.5. Pontos de Entrega / Estações de Medição

Tabela 10 – Resultado Simulação Permanente – Pontos de Entrega/ Estações de Medição

ESTAÇÕES	Vazão (Mm3/d)	Temperatura chegada (°C)	Pressão entrada (kgf/cm²)	Pressão controlada (kgf/cm²)	Pressão mínima (kgf/cm²)
TRECHO CORUMBÁ-REPLAN					
CORUMBA	0	32.8	93.3	35	31.5
CAMPO GRANDE	500.15	32.0	90.4	35	31.5
TRÊS LAGOAS UTE	2120.70	38.1	96.5	50	31.5
TRES LAGOAS UFN	0	38.1	96.5	50	31.5
VALPARAISO	23.20	28.3	91.0	35	31.5
BILAC	78.82	26.8	88.7	35	31.5
GUAÍÇARA	73.45	25.3	84.3	35	31.5
IACANGA	154.86	24.8	79.7	35	31.5
IBITINGA	46.38	38.1	99.2	35	31.5
BOA ESPERANÇA SUL	223.53	31.1	95.9	35	31.5
SÃO CARLOS	288.14	27.4	90.9	35	31.5
ITIRAPINA	0.80	27.3	90.3	35	31.5
RIO CLARO	1242.97	27.9	90.9	35	31.5
LIMEIRA	1144.03	27.1	89.7	35	31.5



ESTAÇÕES	Vazão (Mm3/d)	Temperatura chegada (°C)	Pressão entrada (kgf/cm ²)	Pressão controlada (kgf/cm ²)	Pressão mínima (kgf/cm ²)
AMERICANA	364.65	26.8	89.4	35	31.5
REPLAN	2186.10	26.8	88.6	40	31.5
EMED Gascar	0	25	65	---	---
EMED Jacutinga	338.90	26.3	88.6	---	---
REPLAN - GUARAREMA					
JAGUARIUNA	1383.46	20.7	73.9	35	31.5
ITATIBA	720.69	21.2	69.7	35	31.5
GUARAREMA	598.40	23.5	64.6	35	31.5
EMED Guararema	6020	23.4	63.7	---	---
REPLAN-CANOAS					
GEMINI	270.0	47.2	99.4	55	
EE SUMARE	268.0	42.9	97.1	35	31.5
EE CAMPINAS	59.4	39.5	94.9	35	31.5
INDAIATUBA	71.3	34.9	91.8	35	31.5
ITU	450.9	32.3	89.5	35	31.5
PORTO FELIZ	449.1	30.2	87.0	35	31.5
ARAÇOIABA DA SERRA	162.0	32.3	83.2	35	31.5
ITAPETININGA	5.1	25.1	77.1	35	31.5
CAMPO LARGO	360.0	19.6	62.6	35	31.5
ARAUCÁRIA_CIC	1380.0	19.9	59.4	35	31.5
ARAUCÁRIA_UTE	2100.0	20.0	59.1	38	31.5
REPAR	2812.0	20.0	59.1	35	31.5
JOINVILLE	109.1	21.8	73.0	35	31.5
GUARAMIRIM	386.5	20.9	71.4	35	31.5
GASPAR	154.9	21.7	68.8	35	31.5
BRUSQUE	17.5	21.3	67.9	35	31.5
TIJUCAS	285.0	21.4	66.4	35	31.5
SAO P ALCÂNTARA	66.0	26.3	73.0	35	31.5
TUBARAO	123.0	21.2	65.5	35	31.5
URUSSANGA	240.1	21.1	62.8	35	31.5
NOVA VENEZA	337.0	29.5	74.7	24	21.6
VARZEA DO CEDRO	129.8	20.2	58.6	24	21.6
IGREJINHA	11.7	22.3	58.7	18	21.6
ARARICÁ	178.8	21.1	57.4	24	21.6
CACHOEIRINHA	237.9	21.1	55.4	24	21.6
REFAP	641.8	20.9	55.0	28	21.6
CANOAS	674.0	20.9	55.0	28	21.6
CANOAS_UTE	589.4	20.9	55.0	35	21.6
TOTAL	30.080				

6.6. Estações de Compressão

Tabela 11 – Resultado Simulação Permanente – Estações de Compressão

ESTAÇÕES DO TRECHO NORTE							
	Unidades operando	Vazão MMm ³ /d	P. sucção (kgf/cm ²)	P. descarga (kgf/cm ²)	Pot. Req/ Maq (HP)	Ef. Adiab. (%)	Gás Comb. (Mm3/d)
Corumbá	---	17.68	91.79	91.79	---	---	---
Miranda	---	17.68	83.17	83.17	---	---	---
Anastácio	1	17.62	73.15	100.0	9976	80.6	62.24
Campo Grande	---	17.11	90.24	90.24	---	---	---



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	21 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN / GASCAR		

Ribas do Rio Pardo	---	17.11	82.15	82.15	---	---	---
Três Lagoas	1	17.06	72.68	100.0	9848	81.1	61.32
Mirandópolis	---	14.94	92.17	92.17	---	---	---
Penápolis	---	14.83	86.07	86.07	---	---	---
Iacanga	1	14.56	79.53	100.0	5836	82.3	48.32
São Carlos	---	14.29	91.81	91.81	---	---	---
ESTAÇÕES DO TRECHO SUL							
	Unidades operando	Vazão MMm³/d	P. sucção (kgf/cm²)	P. descarga (kgf/cm²)	Pot. Req/ Maq (HP)	Ef. Adiab. (%)	Gás Comb. (Mm3/d)
Paulínia	1	12.64	64.44	100	9799	84.79	60.29
Capão	2	10.85	67.20	100	3901	78.78	52.76
Araucária	3	4.19	58.39	73.5	428	80	7,98
Biguaçu	2	3.23	65.27	75.0	398	80	5.78
Siderópolis	2	2.80	61.36	74.5	487	80	4.44
						TOTAL	303.13

6.7. Cálculo do gás para uso do Sistema

Tabela 12 – Gás para uso do sistema

UTILIZAÇÃO	Mm3/dia	REFERENCIA
Gás para Uso nas Turbinas/ Motores	303.13	Item 3.5
Consumo gás combustível nos pontos de entrega	30.03	Média de consumo dos aquecedores dos PEs, no ano de 2017.
Consumo gás combustível para geração elétrica das ECOMPs	55.94	Folha de dados dos equipamentos. Referências 3.5.1 a 3.5.11
Consumo gás combustível para aquecedores e utilidades das ECOMPs	17.64	Folha de dados dos equipamentos. Referências 3.6.1 a 3.6.11
Consumo de gás combustível para purga	14.96	Folha de dados dos equipamentos. Referências 3.7.1 a 3.7.10
Total de Gás Combustível + Utilidades	421.70	
Vazão total de Recebimento	30380.4	
% Gás Combustível + Utilidades	1.39 %	
Gás não contado + perdas	0.5%	
% de Gás de uso do Sistema	1.89 %	



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002	
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	22 de 23	
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR			

7. CONCLUSÃO

Considerando o recebimento de gás natural por meio das estações de medição de Mutun e Gascar, as premissas adotadas no item 2.1, e as distribuições de demanda previstas no item 2.5, o sistema de transporte do Gasoduto tem a capacidade de 30.080 Mm³/dia para entrega ao mercado, atendendo as condições contratuais de re-entrega de gás do TCQ, TCO, TCX e TCG - CPAC 2007 nas pressões mínimas exigidas.

O regime postal prevê flexibilidade de recebimento da capacidade contratada em referência, que pode ser solicitado através de qualquer combinação de volume entre as estações de medição de Mutun e Gascar, até o limite da capacidade técnica das mesmas e sujeito ao volume total contratado. Desta forma, considerando o volume total de capacidade contratada de 30.080 Mm³/dia e a flexibilidade dos instrumentos comerciais vigentes, não há capacidade adicional no gasoduto, ainda que seja considerado recebimento na EMED GASCAR.

Este relatório não considera os estudos em regime transiente, bem como a confiabilidade e disponibilidade do sistema de transporte de gás, ou seja, os resultados apresentados demonstram apenas a capacidade de atendimento das obrigações contratuais de re-entrega de gás com a configuração atual instalada sem considerar as paradas necessárias devido as manutenções preventivas e corretivas destas instalações.

A TBG deve honrar com os compromissos assumidos nos contratos vigentes, enquanto instrumentos jurídicos perfeitos, e entende que, qualquer alteração nas distribuições das demandas acima referenciadas afeta os resultados das simulações deste relatório.

8. BIBLIOGRAFIA

8.1 Menon E. Shashi, Gas Pipeline Hydraulics, 2005. Taylor & Francis Group.

8.2 Bruce E. Larock, Roland W. Jepsson, Gary Z. Watter, 2000 - Hydraulics of Pipeline Systems. CRC Press.

8.3 Donald W. Schroeder Jr, A Tutorial on Pipe Flow Equations, Stoner Associates Inc.

8.4 Mohitpour, M., Golshan, H. & Murray, A., "Pipeline Design & Construction – A Practical Approach", ASME Press, 2000.



CAT. :	RELATÓRIO	Nº DOC.:	RL-5000-962-TOE-002
INSTALAÇÃO:	GERAL	FOLHA	23 de 23
TÍTULO DO DOCUMENTO:	SIMULAÇÃO TERMO HIDRÁULICA – RECEBIMENTO DE GÁS POR MEIO DAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO DE MUTUN /GASCAR		

9. ANEXOS

Anexo 01 – Relatório de Simulação Termo Hidráulico



Documento do Acrobat