

# Gás natural: a construção de uma nova civilização

*EDMILSON MOUTINHO DOS SANTOS,  
MURILO TADEU WERNECK FAGÁ,  
CLARA BONOMI BARUFI  
e PAUL LOUIS POULALLION*

## Introdução

O GÁS NATURAL (GN) é uma mistura de hidrocarbonetos leves que, a temperatura e pressão atmosféricas ambientes, permanece no estado gasoso. Na natureza, ele é originalmente encontrado em acumulações de rochas porosas no subsolo (terrestre ou marinho). Frequentemente, encontra-se associado ao petróleo.

Para todos os efeitos, denominam-se gás natural as misturas de hidrocarbonetos gasosos com predominância de moléculas de metano ( $\text{CH}_4$ ). Na prática, o gás também apresenta em sua constituição moléculas mais pesadas, como etano, butano, propano, entre outras. Todos os hidrocarbonetos gasosos também podem ser extraídos do petróleo bruto, a partir dos processos de refino, ou do carvão, por meio de sua gaseificação em processos denominados de *Coal-to-Gas* (CTG). Em particular, o butano e o propano, extraídos na refinaria, nos gaseificadores de carvão ou nas unidades de processamento de GN, acabam constituindo o chamado gás liquefeito do petróleo (GLP).

Do ponto de vista químico, o GLP é tão natural quanto o metano. No entanto, para efeito de organização de cadeia de suprimento, a indústria do metano constitui a chamada indústria do gás natural, que normalmente é diversa da indústria do GLP. O GN e o GLP têm características próprias que os direcionam predominantemente a usos específicos. Há algum grau de competição e substituição entre os dois gases, mas ambos também podem ser visto como complementares. Os gases produzidos do carvão são ditos sintéticos ou manufaturados. Esses gases foram dominantes e constituíram o nascimento da indústria do gás em várias partes do mundo, incluindo o Brasil, entre os anos 1700 e 1800. Em escala planetária, foram superados pelo GN ao longo do século XX e início dos anos 2000.

Neste trabalho, o foco será o gás natural, porém entendendo-se que muitos dos temas aqui tratados se aplicam ao conjunto maior dos gases combustíveis. Em especial, o conceito aqui proposto de “Civilização do gás”, ainda que construído predominantemente em torno das perspectivas que se anunciam para

a indústria do GN, abraça, necessariamente, o espaço mais amplo a ser ocupado por todas as formas de gases combustíveis, incluindo o GLP e o CTG.

O gás natural tem aumentado seu papel estratégico como fonte de energia para o mundo, principalmente em razão de seu menor impacto ambiental em comparação com as demais fontes fósseis. A utilização do gás natural em equipamentos adequados tende a ser menos poluente, por exemplo, que a queima de óleo diesel. A combustão de gases combustíveis adequadamente processados e em equipamentos corretos é praticamente isenta de poluentes como óxidos de enxofre, partículas sólidas e outros produtos tóxicos, permitindo, assim, que o consumidor utilize o gás de forma direta.

A queima do gás natural também apresenta outras vantagens. Por exemplo, o gás possibilita uma combustão com elevado rendimento térmico, bem como controle e regulação simples da chama. Assim, podem-se obter reduções na intensidade de consumo de energia na indústria, no comércio ou em residências. Além disso, ao permitir que a chama e/ou os gases de combustão entrem em contato direto com os produtos produzidos, a utilização do gás em várias indústrias contribui para o aumento da qualidade e da competitividade desses produtos.

O gás ainda pode proporcionar economias e vantagens ambientais quando utilizado na área de transporte, substituindo a gasolina ou o óleo diesel. No Brasil, especialmente em razão de uma política de preços e de diferenças tributárias entre os combustíveis, o gás natural apresentou um grande aumento de consumo para fins automotivos, em especial junto às frotas de táxis, substituindo a gasolina. Entre janeiro de 2001 e novembro de 2006, o consumo de gás natural veicular (GNV) aumentou de 1,35 milhão para 6,71 milhões de metros cúbicos por dia (MMm<sup>3</sup>/d), representando um crescimento médio anual de aproximadamente 38% (*Revista Brasil Energia*, 2006).<sup>1</sup>

A versatilidade de utilização é uma das grandes vantagens do gás natural. Em Moutinho dos Santos et al. (2002), descrevem-se com detalhes os melhores usos e as principais vantagens de se utilizar o gás natural em diversos segmentos da atividade econômica, incluindo a indústria, o comércio, o setor residencial e o de transporte, bem como o próprio setor energético, que pode utilizar o gás como um combustível primário para seus processos de transformação. Além disso, o gás natural pode ser usado como matéria-prima da indústria química, sendo usado na fabricação de produtos com muito maior valor agregado como plásticos e lubrificantes. Mesmo se essa relação entre usos energéticos e não-energéticos dos gases não possa ser tratada ao longo deste artigo, é evidente que o conceito de “Civilização do gás” abarca obrigatoriamente ambos os usos.

### **Um breve panorama da realidade energética internacional**

Falar sobre perspectivas energéticas de longo prazo é uma tarefa ingrata. Previsões desse tipo são praticamente impossíveis, pois ninguém pode saber o que acontecerá em um futuro de longo prazo. As tecnologias, as preocupações

maiores dos homens, os comportamentos sociais e as políticas, bem como os agentes econômicos envolvidos e os estoques de capital e de recursos naturais, alteram-se drasticamente ao longo do tempo, eventualmente tornando as realidades e as tendências atuais obsoletas ou pouco representativas no processo de definição das oportunidades futuras.

Mesmo reconhecendo tal limitação, este breve panorama da realidade energética internacional dedica-se ao exercício simples de resumir alguns cenários energéticos apresentados por instituições de reconhecida competência. Não se trata de procurar nenhum indício de verdade sobre um futuro desconhecido. Como será discutido ao longo do texto, pode-se, aliás, criticar a visão de longo prazo dessas instituições, as quais parecem não capturar as dimensões mais complexas e os impactos mais profundos de importantes avanços tecnológicos, que podem tornar seus exercícios de pouca relevância.

Todos os cenários descritos reconhecem que o mundo encontra-se em um período de grandes transformações, muitas das quais alimentadas por incertezas em relação a problemas fundamentais que podem afetar o planeta como um todo. Pouco se sabe sobre como poderão evoluir esses problemas e que impactos poderão ter sobre a humanidade. Além disso, é impossível prever quais serão as atitudes políticas e tecnologias a serem adotadas pelo homem para solucioná-los. Somente a partir do conhecimento dessas soluções é que se pode começar imaginar qual será a base energética necessária para alimentar o futuro do planeta.

A percepção que a sociedade desenvolve sobre o futuro tem tanta importância quanto a realidade propriamente dita, pois as percepções geram mudanças imediatas de comportamento que alteram os preços relativos de bens e serviços. As incertezas sobre o futuro geram uma demanda presente por soluções de precaução. Os sinais econômicos tendem a modificar-se para viabilizar essas soluções, transformando as estratégias dos agentes econômicos, políticos e sociais. Mas quais serão as novas estratégias vitoriosas e posteriormente generalizadas? Essa ainda é uma grande incógnita que este texto não pode desvendar.

Muito dependerá da velocidade com que os comportamentos se alterarão, as percepções sobre o futuro se materializarão e as tecnologias se desenvolverão. São temas complexos, cujas soluções jamais serão triviais e de curto prazo. Podem-se destacar, entre outros, dois problemas maiores, sobre os quais os seres humanos deverão, cedo ou tarde, debruçar-se, quais sejam: (i) o problema das emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global do planeta; e (ii) o esgotamento das reservas mundiais de petróleo, acompanhado de problemas geopolíticos cada vez mais graves na medida em que o mundo dependerá crescentemente de reservas petrolíferas localizadas em áreas sensíveis do planeta.

Os cenários a seguir apenas começam a contemplar as incertezas sobre esses temas, mas parecem ainda minimizar as mudanças que tais incertezas poderão provocar nas relações do homem com a energia. As previsões de consumo de energia para o futuro são baseadas em extrapolações positivas dos modelos

de consumo de hoje. Porém, como será discutido com mais detalhe ao longo do texto, as possibilidades tecnológicas e as necessidades de energia dos homens poderão alterar-se radicalmente, tornando todos os cenários obsoletos.

De qualquer forma, uma leitura comparativa de diferentes visões de futuro, ainda que reconhecendo sua baixa probabilidade de sucesso como instrumentos de previsão, ajuda a identificar algumas tendências fortes que poderão ter maior capacidade de influenciar esse futuro. Seu alcance dependerá de sua envergadura para mobilizar as forças sociais, amalgamar recursos financeiros, tecnológicos e de recursos humanos. Além disso, também dependerá da existência de uma base viável de recursos naturais sustentável, isto é, que contemple uma distribuição aceitável entre as necessidades de hoje e aquelas que se pode esperar do amanhã.<sup>2</sup>

A Agência Internacional de Energia (AIE), em seu estudo *World Energy Outlook 2006* (IEA, 2006a), estabelece dois “Cenários alternativo e de referência para 2030”. A Tabela 1 descreve as previsões da AIE em relação à evolução da matriz energética planetária e sua distribuição por fonte de energia primária. No *Cenário de referência*, o consumo global de energia primária é projetado para aumentar aproximadamente 1,6% ao ano entre 2004 e 2030, alcançando um consumo total de 17,1 bilhões de toneladas de óleo equivalente (toe). A expansão do consumo anual prevista para o período 2004-2030 é de cerca de 6 bilhões de toe. Assim, em 2030, o mundo consumirá cerca de 53% a mais de energia primária em relação à demanda atual. Prevê-se, para o mesmo período, uma redução da taxa média de crescimento anual do consumo de energia.

A AIE projeta para o cenário de referência que os combustíveis fósseis permanecerão como as fontes de energia primária dominantes. Ao longo do período 2004-2030, o consumo de energia fóssil deve crescer mais rápido do que a demanda conjunta de energias renováveis e nuclear. Ao longo de todo o período, os combustíveis fósseis sempre representarão mais de 80% da demanda global de energia. Entre esses, o gás natural apresentará a maior taxa de crescimento anual, 2,0%. Assim, ele continuará seu percurso de participações crescentes na matriz energética planetária: em 1980, representava 17% do consumo global de energia, devendo alcançar 22,6% em 2030. Por sua vez, as energias renováveis apresentarão um forte crescimento no período, porém a participação relativa do seu conjunto, incluindo a energia nuclear, diminuirá de 19,6%, em 2004, para 18,8%, em 2030.

Para a AIE, o cenário de referência é uma indicação segura de como o futuro energético do planeta poderá caracterizar-se se mantidos os padrões atuais de desenvolvimento. A Agência reconhece que esse cenário é insustentável. As condições de provisão de energia para satisfazer as necessidades da economia mundial nos próximos 25 anos seriam muito vulneráveis, requerendo quantidades de investimento difíceis de ser mobilizadas, e que atualmente não estão presentes. Além disso, podem-se esperar uma catástrofe ambiental e sérios comprometimentos na segurança energética das nações, com interrupções súbitas, frequentes e profundas do suprimento de energia.

Tabela 1  
Cenários alternativo e de referência  
Evolução da matriz energética mundial de energia primária

	2004		Cenário de referência			Cenário alternativo			Diferenças entre os dois cenários em 2030	
			2030		2004/2030	2030		2004/2030		
		% <sup>2</sup>	(MMtoe) <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	% <sup>3</sup>	(MMtoe) <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	% <sup>3</sup>	(MMtoe) <sup>1</sup>	% <sup>4</sup>
Carvão	2.773	24,8	4.441	26,0	1,8	3.512	22,8	0,9	-929	-20,9
Petróleo	3.940	35,2	5.575	32,6	1,3	4.955	32,2	0,9	-620	-11,1
GN	2.302	20,5	3.869	22,6	2,0	3.370	21,9	1,5	-499	-12,9
Nuclear	714	6,4	861	5,0	0,7	1.070	6,9	1,6	209	24,3
Hidráulica	242	2,2	408	2,4	2,0	422	2,7	2,2	14	3,4
Biomassa e rejeitos	1.176	10,5	1.645	9,6	1,3	1.703	11,1	1,4	58	3,5
Outras renováveis	57	0,5	296	1,7	6,6	373	2,4	7,5	77	26,0
Total fóssil	9.015	80,5	13.885	81,2	1,7	11.837	76,8	1,1	-2.048	-14,7
GN / Total fóssil <sup>5</sup>		25,5		27,9			28,5			
Nuclear + renovável	2.189	19,5	3.210	18,8	1,5	3.568	23,2	1,9	358	11,2
<b>Total</b>	<b>11.204</b>	<b>100</b>	<b>17.095</b>	<b>100</b>	<b>1,6</b>	<b>15.405</b>	<b>100</b>	<b>1,2</b>	<b>-1.690</b>	<b>-9,9</b>

Onde:

- 1 – Em milhões de toneladas de óleo equivalente.
- 2 – Participação % da fonte na matriz anual.
- 3 – Crescimento % anual médio da fonte entre 2004 e 2030.
- 4 – Aumentos ou reduções % da fonte em 2030 entre os *Cenários de referência e alternativo*.
- 5 – Participação % do consumo de GN no consumo total de energia fóssil no ano.

Fonte: Agência Internacional de Energia.

Para tornar o sistema energético global mais sustentável, a AIE propõe um *Cenário alternativo* (ver novamente Tabela 1), cuja materialização envolve grandes desafios. Segundo a Agência, para caminhar-se em direção a esse cenário em vez daquele de referência, é necessário coragem para agir, mesmo diante de dificuldades políticas e de enormes controvérsias em relação aos grandes temas.

Trata-se de uma opção de futuro considerada factível, a qual pode ser alcançada por meio de medidas cujos custos podem ser considerados toleráveis e que não excedem o valor dos benefícios esperados. Esses benefícios poderão ser colhidos por todos, tanto os supridores como os consumidores de energia, sejam eles de nações mais avançadas sejam de países em vias de desenvolvimento econômico. Cabe destacar que esses são muitas vezes vulneráveis e subjugados a uma matriz energética insustentável e ineficiente. Cenários que exijam deles esforços irrealistas, dados os poucos recursos disponíveis, são pouco críveis.

O *Cenário alternativo* considerado plausível pela AIE inclui esforços para melhorar a eficiência tanto da produção como do consumo da energia, bem como iniciativas para reduzir a dependência da matriz energética global dos combustíveis fósseis. A previsão é que as políticas que sustentariam esse cenário poderiam render significativas economias no consumo de energia em relação ao *Cenário de referência*. Assim, em 2030, o consumo total de energia primária poderia ser cerca de 10% (ou 1,7 bilhão de toe) menor. As emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas com a energia poderiam cair 16%, em 2030, em respeito ao quadro estabelecido pelo *Cenário de referência*. Não se trata, portanto, de nenhuma visão mais radical do futuro, na qual a relação entre o homem e a energia sofreria uma profunda transformação.

No *Cenário alternativo* da AIE, ao longo do período 2004-2030, a taxa de crescimento média anual do consumo de energias fósseis será de 1,1%, abaixo daquela do consumo total de energia, 1,2%, o que requererá um aumento bem maior, de 1,9%, para o conjunto de energias renováveis e nuclear. Em particular, comparando-se os dois cenários propostos para o ano de 2030, a AIE sugere que uma redução no consumo de energias fósseis de aproximadamente 15% seria compensada, principalmente, por um aumento de 24,3% no uso da energia nuclear, e de 26% de outras energias renováveis como a eólica e a solar. Observa-se que esse é um mundo pouco alternativo em relação a uma matriz energética atual que procura privilegiar a produção e o uso da eletricidade como a principal forma de energia final. Pouco se desafia esse papel da eletricidade, sobre o qual se discute mais adiante.

Mesmo assim, em 2030, o mundo ainda dependeria em 77% das energias fósseis. Na comparação entre os dois cenários, o consumo do conjunto das fontes de energia fóssil diminuiu. Porém, entre 2004-2030, o gás natural será a única fonte de energia fóssil que apresentará, em ambos os cenários, uma expansão anual média superior ao consumo total de energia. Considerando o consumo do conjunto de energias fósseis, a participação do GN aumentará de 25,5% em 2004 (havia sido 20,2% em 1980), a 27,9% em 2030 (no *Cenário de referência*) e 28,5% (no *Cenário alternativo*).

Outra instituição que produz cenários de reconhecimento mundial é a empresa anglo-holandesa Shell. Em seu estudo *Exploring the Futures: Energy Needs, Choices and Possibilities* (Shell, 2001), são estabelecidos cenários para 2025 e 2050. Um sumário de seus números é apresentado na Tabela 2. Admitem-se duas evoluções possíveis denominadas: *dinâmica usual* (*business as usual*) e *espírito da nova era* (*spirit of coming age*). No primeiro caso, admite-se que o consumo total de energia primária começará a apresentar taxas de crescimento menores a partir do ano 2000, crescendo em média 1,8% ao ano (em 2000-2025) e 1,2% ao ano (em 2025-2050).

O *espírito da nova era* vislumbra um processo muito mais agressivo de desenvolvimento econômico e social das nações menos favorecidas, que se beneficiarão do processo de globalização e expansão econômica das nações mais ricas. As pressões sobre o sistema energético planetário serão muito maiores.

Tabela 2 – Cenários energéticos da Shell para 2025 e 2050

	Consumo anual de energia (em hexajoules <sup>1</sup> )				Taxa anual média de crescimento ( % )		
	1975	2000	2025	2050	1975- 2000	2000- 2025	2025- 2050
<b>“Dinâmica usual”</b> (Business as usual dynamics)							
Energia primária total	256	407	640	852	1,9%	1,8%	1,2%
Petróleo	117	159	210	229	1,2%	1,1%	0,3%
Carvão	70	93	128	118	1,1%	1,3%	-0,3%
CTG – Coal to Gas (metano e hidrogênio produzidos a partir de carvão)	0	0	4	16	-	-	5,8%
Gás natural	47	93	167	177	2,7%	2,4%	0,2%
Nuclear	4	29	35	32	8,1%	0,8%	-0,4%
Hidráulica	17	30	41	39	2,4%	1,3%	-0,3%
Biocombustíveis	0	0	5	52	-	10,2%	10,1%
Outras renováveis	0	4	50	191	8,7%	11,2%	5,5%
<b>“Espírito da nova era”</b> (Spirit of coming age)							
Energia primária total	256	407	750	1.121	1,9%	2,5%	1,6%
Petróleo	117	159	233	185	1,2%	1,6%	-0,9%
Carvão	70	93	150	119	1,1%	1,9%	-0,9%
CTG – Coal-to-Gas (metano e hidrogênio produzidos a partir de carvão)	0	0	6	97	-	-	11,6%
Gás natural	47	93	220	300	2,7%	3,5%	1,3%
Nuclear	4	29	46	84	8,1%	1,9%	2,4%
Hidráulica	17	30	49	64	2,4%	2,0%	1,1%
Biocombustíveis	0	0	7	108	-	11,8%	11,8%
Outras renováveis	0	4	38	164	8,7%	9,9%	6,0%
<b>“Dinâmica usual”</b> (Business as usual dynamics)							
	<b>1975</b>	<b>2000</b>	<b>2025</b>	<b>2050</b>			
Participação % de energias fósseis no total de energia primária	91,4%	84,8%	79,5%	63,4%			
Participação % de GN no total de energia primária	18,4%	22,9%	26,1%	20,8%			
Participação % de GN e CTG no total de energia primária	18,4%	22,9%	26,7%	22,7%			
Participação % de GN no total de energias fósseis	20,1%	27,0%	32,8%	32,8%			
Participação % de GN e CTG no total de energias fósseis	20,1%	27,0%	33,6%	35,7%			

“Espírito da nova era” (Spirit of coming age)	1975	2000	2025	2050
Participação % de energias fósseis no total de energia primária	91,4%	84,8%	81,2%	62,5%
Participação % de GN no total de energia primária	18,4%	22,9%	29,3%	26,8%
Participação % de GN e CTG no total de energia primária	18,4%	22,9%	30,1%	35,4%
Participação % de GN no total de energias fósseis	20,1%	27,0%	36,1%	42,8%
Participação % de GN e CTG no total de energias fósseis	20,1%	27,0%	37,1%	56,6%

(<sup>1</sup>) 1 hexajoule = 1 bilhão de GJ; 1 tonelada equivalente de óleo = 42,7 GJ.

Fonte: Shell.

As medidas de aumento de eficiência energética e diversificação das fontes de energia inicialmente serão insuficientes para conter as demandas crescentes dos países emergentes em rápido crescimento econômico. Assim, a taxa de expansão média anual do consumo global de energia primária será de 2,5% no período 2000-2025, ou seja, substancialmente maior do que o 1,8% registrado no período de 1975-2000. De 2025 a 2050, a taxa de crescimento médio se reduzirá para 1,6% ao ano, representando, ainda, uma demanda nova importante a ser atendida a cada ano.

Em ambos os cenários da Shell são esperados aumentos vigorosos no consumo de energia de fontes renováveis, e no *espírito da nova era* as demandas por essas formas alternativas de energia serão muito robustas ao longo de todo o período 2000-2050. Além disso, nesse cenário, diferentemente do que é a proposta para a dinâmica usual, a participação da energia nuclear será sempre crescente. No período 2025-2050, a chegada de novas tecnologias de geração a partir de fonte nuclear impulsionará um novo *boom* nuclear, superando o crescimento médio esperado para o consumo total de energia.

A despeito do avanço das fontes de energia renovável e nuclear, o mundo ainda dependerá fortemente da energia de origem fóssil. Até 2025, as energias fósseis representarão aproximadamente 80% da matriz energética global, e sua demanda será superior no caso do *espírito da nova era*. No período 2000-2025, um forte crescimento no consumo global de energia não poderá ser obtido sem se fazer um uso crescente de petróleo e carvão. Em seguida, as fontes de energia fóssil começam a perder participação relativa, passando a representar pouco mais de 60% da matriz em 2050. No espírito da nova era, pode-se reduzir mais rapidamente o papel do petróleo e do carvão.

Entre as fontes de energia fóssil, o papel central passa gradativamente a ser ocupado pelo gás natural. Para os dois cenários da Shell, no período 2000-2025, o crescimento anual médio do consumo de gás natural será superior ao consumo total de energia. No período 2025-2050, o gás natural perde dinamismo, mas tal perda é parcialmente compensada pelo avanço de novas tecnologias como



*Coal-to-Gas*, isto é, a produção de metano ou hidrogênio a partir do carvão, utilizando-se, assim, a mesma infra-estrutura de transporte, distribuição e uso final da energia construída para o GN no período anterior.

No cenário da *dinâmica usual*, o gás natural deverá representar 26% da matriz energética planetária em 2025, declinando, em seguida, para 21% em 2050. Considerando-se GN e CTG, tais participações serão de aproximadamente 27% em 2025 e 23% em 2050. No *espírito da nova era*, a relevância do gás natural torna-se ainda maior: representará 29% da matriz energética mundial em 2025 (ou 30% para GN e CTG) e 27% em 2050 (ou mais de 35% para GN e CTG). Nesse cenário, as maiores restrições ao uso de petróleo e carvão, bem como o rápido crescimento do consumo global de energia só podem ser compensados por um aumento relevante no consumo de gás natural.

No *espírito da nova era*, o gás natural representará mais de 35% (em 2025) e 43% (em 2050 – e será mais de 55% considerando GN e CTG) no total das energias fósseis. Em 2050, o gás natural será sozinho a principal fonte de energia do planeta (e seu consumo será equivalente ao de petróleo e carvão juntos). Na *dinâmica usual*, o gás natural manterá sua posição de terceira mais importante fonte de energia para o planeta, superando o carvão, mas sendo superado por outras energias renováveis (incluindo solar e eólica).

Assim como no caso da AIE, a Shell, mesmo sem explicitá-lo, também sugere cenários nos quais o papel crescente da eletricidade como energia final a ser consumida é inquestionável. O foco de ambas as instituições é de mapear um futuro de novas tecnologias cujo principal objetivo é converter diferentes fontes de energia primária em eletricidade.

### **A construção de uma civilização do gás**

É sempre válido reafirmar que nenhum dos cenários estudados representa uma tentativa de previsão do futuro. Observa-se que os grandes números e as principais direções esperadas para o sistema energético global convergem. A partir de uma visão comparada, pode-se apontar uma série de tendências fortes. A principal delas é o papel crescente que o gás natural deverá ocupar na matriz energética do planeta nos próximos cinquenta anos. Em todas as perspectivas de futuro, ele apresentará um crescimento de consumo bem maior do que o petróleo, o carvão e o consumo total de energia primária.

Para esses estudos, o gás natural deve ser a fonte de energia de transição entre um mundo energético já dominado pelo carvão e o petróleo e um outro de maior diversificação das fontes de energia e dominação crescente de fontes renováveis. Porém, também se pode argumentar que o mundo caminha em direção a uma maior diversificação energética, mas com um papel de liderança ascendente dos gases combustíveis, sejam eles de origens naturais sejam os produzidos a partir de outras fontes de energia como o próprio carvão ou petróleo. Pode-se, então, falar do nascimento de uma “Civilização do gás”, que caracterizará a matriz energética planetária ao longo deste século XXI.

A amplitude de aplicações faz do gás natural um competidor potencial de quase todos os demais energéticos, incluindo a eletricidade. O gás compete com o carvão ou a energia nuclear para geração da eletricidade, mas também pode substituir diretamente a eletricidade com grandes vantagens na maioria dos processos em que essa é utilizada para fins térmicos (produção de calor ou frio). Por exemplo, o gás deveria ser preferido em relação à eletricidade no aquecimento de água nas residências e até mesmo em sistemas de refrigeração. Assim, os gases combustíveis têm um potencial pouco explorado nos cenários apresentados, qual seja aquele de reformular a relação do homem com a energia final de que ele realmente necessita.

Atualmente, a quase totalidade da energia útil extraída das fontes primárias tem a energia térmica como objetivo ou processo intermediário inevitável. Exclui-se apenas a energia de fontes primárias hidráulica e eólica, destinada à iluminação e à força eletromotriz. É a partir da energia térmica que se produzem as diferentes formas de energia final de que o homem realmente necessita. Há, portanto, pelo menos dois grandes processos de transformação a serem percorridos, e envolvendo suas respectivas perdas energéticas, entre a energia primária e a energia final consumida.

Nos cenários apresentados está implícito que o gás se transformará no combustível fóssil de maior utilização, porque seu consumo para a produção de energia elétrica deve se tornar muito importante, com taxas de crescimento bastante vigorosas. Em todos os cenários, sempre se admite que o aumento do consumo de eletricidade será explosivo, representando, portanto, uma pressão crescente sobre a matriz de energias primárias. Na atual era da informação, o planeta está ficando cada vez mais voraz em relação ao consumo de eletricidade.

Todos os cenários apresentados, assumem essa hipótese sem grandes questionamentos e voltam-se à questão de encontrar estratégias que permitam sustentar tal modelo no longo prazo. Torna-se, então, urgente modificar a curva crescente da demanda de energias fósseis, aumentando a segurança de suprimento energético dos países por meio da diversificação das fontes de energia, e reduzindo os impactos ambientais dos combustíveis fósseis.

Na verdade, essa postura reflete uma óptica de se encarar o problema energético sempre pelo lado da oferta de energias primárias. Segundo essa cartilha, as estratégias e as políticas dos países visam defender o modelo de sua matriz energética sem repensar substancialmente as estratégias de uso final da energia. Parte-se do princípio de que a demanda por energia continuará crescente, e não se consideram as possibilidades de aumento de eficiência e economia de energia nos usos finais.

Para tanto, aponta-se a necessidade de se reduzir a influência dos combustíveis fósseis (e do petróleo em particular, pois são crescentes as percepções de que o petróleo é cada vez mais escasso e é o grande vilão do aquecimento global). Promovem-se usos crescentes do gás (e, contraditoriamente, eventuais

retornos ao carvão) para continuar a produzir mais e mais eletricidade. Além disso, também se encoraja uma ampliação do uso de energia nuclear e do desenvolvimento de novas fontes de energia renováveis para a geração de eletricidade.

Esse já é um mundo que, como mostram os cenários apresentados, leva o gás natural a uma posição de destaque e mesmo de liderança na matriz energética global. Contudo, o conceito de uma “Civilização do gás” é ainda mais abrangente.

Os avanços tecnológicos nos diferentes setores econômicos requerem a disponibilidade de energia térmica com elevada qualidade, versatilidade e segurança de suprimento. Tais características requeridas pelos consumidores favorecem o uso do gás natural em detrimento de outras fontes de energia. Mesmo para o homem digital e da Era da Informação, a participação da eletricidade em seu consumo total de energia não deveria superar os 20% a 25%. A superação desses números indica que a eletricidade demandada deve estar sendo utilizada para fins térmicos. Assim, a eletricidade, que necessitou de vários passos de transformação para ser obtida, pode estar, por exemplo, substituindo o gás natural como fonte de energia térmica. Um exemplo disso pode ser observado nos resultados de uma pesquisa sobre usos de eletricidade em residências no Brasil (Procel/PUC, 2005). Indica-se que quase 80% da eletricidade consumida nas residências são destinados à geração de calor ou frio (45% para geladeira e *freezer*; 17% para chuveiro elétrico; e 16% para ar condicionado). Esses são usos em que a substituição da eletricidade por gás seria tecnicamente possível.

Essas questões não aparecem nos cenários apresentados; neles, mostra-se apenas uma busca desenfreada por suprimentos crescentes de energia elétrica calcada em um processo de eletrificação exagerada, o qual conduz a usos contestáveis da eletricidade na substituição de fontes de energia que poderiam produzir diretamente o calor (ou frio) ou a força motriz.

No mundo, o uso sempre crescente da eletricidade, gerada a partir de fontes fósseis, sem um questionamento profundo sobre a racionalidade de essa mesma eletricidade ser utilizada como energia final, faz que a energia útil realmente consumida pela humanidade seja menos de 25% da energia primária requerida. Impuseram-se, assim, pressões sempre crescentes, e desnecessárias, na matriz de fontes de energia primárias a serem exploradas.

Tal situação pode ser mantida porque o valor econômico da energia tem decaído rapidamente em relação às riquezas geradas pela sociedade (Moutinho dos Santos, 2006). Assim, a humanidade, especialmente as nações mais desenvolvidas e poderosas, tem uma capacidade muito grande para sustentar perdas energéticas, pois a participação do custo da energia no total de riqueza que ela é capaz de gerar é baixa e sempre decrescente. Entretanto, até o momento, essa mesma humanidade sempre se absolveu de maiores culpas dos impactos ambientais e sociais gerados a partir do seu consumo energético. Seu compromisso com os problemas ambientais globais somente agora começa a adquirir corpo.

Os cenários apresentados partem da hipótese de que os avanços tecnológicos abrem novas perspectivas de oferta de energia primária, as quais sustentarão o antigo modelo de consumo, sempre voltado a um uso cada vez mais intenso da eletricidade. Porém, o próprio argumento tecnológico pode inverter essa tendência caso caminhe em uma linha de aumento da eficiência do uso final da energia, seja pela introdução de equipamentos, incluindo elétricos, mais eficientes, seja pela substituição da eletricidade principalmente pelo gás na produção da energia térmica e força motriz.

Tais transformações podem ser críveis na medida em que se caminhe em direção a um sistema energético cada vez mais orquestrado pelas necessidades dos consumidores e por sua capacidade de impor novos padrões tecnológicos. Os investimentos em educação e a própria mobilização crescente das pessoas em torno dos temas globais, que afetarão as questões energéticas, poderão produzir um incremento talvez imprevisível das tecnologias de uso racional e eficiente da energia. O objetivo último será fazer convergir, para cada uso final da energia, a fonte energética mais apropriada, por meio da tecnologia mais adequada, reduzindo o consumo específico de energia e os impactos ambientais.

Nesse percurso, o papel dos gases combustíveis, adequando-se otimamente e com alto valor agregado às necessidades da humanidade, poderá ultrapassar todas as previsões manifestadas nos cenários apresentados. O gás natural não ocupará apenas o papel de combustível de transição, rumo à construção de novas matrizes de geração de eletricidade, mas ocupará o papel central de uma matriz energética voltada principalmente ao serviço final da energia térmica, ou seja, a geração de calor ou frio. Esse é o conceito amplo da “Civilização do gás”.

O gás se tornará, então, a principal fonte de dinamismo do desenvolvimento tecnológico voltado ao melhor uso da energia. Novas cadeias de suprimento, aproximando consumidores e produtores de gás, se reconstruirão. Os sistemas logísticos se transformarão e o acesso ao gás se tornará prioritário. O gás passará a ocupar o centro da geopolítica energética global.

A construção dos sistemas de suprimento de gás exigirá grandes investimentos iniciais cuja maturação será de longo prazo, abraçando tanto os países mais desenvolvidos como aquelas nações menos privilegiadas e que mal entraram na “Civilização do gás”. Por exemplo, para que os cenários previstos pela Agência Internacional de Energia para o setor gasífero mundial se concretizem, a própria AIE (IEA, 2003) estima, em outro estudo, o *World Energy Investment Outlook 2003*, que o investimento a ser acumulado pela indústria de gás natural no período 2001 a 2030 deverá totalizar cerca de 3,1 trilhões de dólares (ou um investimento anual médio de 105 bilhões de dólares).

Em outra pesquisa, o *Natural Gas Market Review 2006* (IEA, 2006b), a Agência confirma que os investimentos deverão ser robustos, prevendo-se que, entre 2006 e 2010, cerca de 210 bilhões de dólares já estariam comprometidos em investimentos cobrindo toda a cadeia do gás. Além disso, identificavam-se outros projetos previstos, que poderiam, ou não, ser implementados, e que

requereriam outros 300 bilhões de dólares em investimento. A AIE argumenta que tais investimentos dificilmente poderão concretizar-se sem que as condições econômicas, financeiras e políticas sejam adequadas.

Tais questões são particularmente relevantes em relação aos países menos desenvolvidos. Uma “Civilização do gás” fundada exclusivamente no gás natural talvez não possa ser construída em todos os países do mundo. Países com elevado crescimento do consumo energético como a China, a Índia ou o Sudeste Asiático têm tido dificuldades para garantir uma oferta de longo prazo e competitiva de gás natural. As estratégias de construção de terminais de recepção de GNL, bem como a construção de gasodutos de longa distância conectando esses mercados a reservas de gás localizadas na Ásia Central ou Rússia, têm encontrado inúmeros obstáculos econômicos e políticos (por exemplo, a necessidade de cruzar países como o Afeganistão e o Paquistão para chegar com o gás à Índia). Para muitos desses países, a “Civilização do gás” será calcada em grandes projetos de gaseificação de carvão (CTG), garantindo uma oferta de gás doméstica. Trata-se, portanto, de uma visão ampla dos gases combustíveis, provenientes de fontes diversas, mas que no uso final garantem as mesmas vantagens de eficiência, limpeza, flexibilidade e disponibilidade de uma provisão segura de energia térmica de elevada qualidade.

A consideração dos gases combustíveis dentro de um escopo mais largo, ultrapassando a dimensão do GN, garante a construção de um cenário de ampla disponibilidade de energia primária para a sustentação da “Civilização do gás”. Até 2030, a oferta de GN parece suficientemente abundante. Tal situação pode tornar-se menos confortável após 2030. Os cenários da Shell explicitam o papel crescente do CTG, entre 2025 e 2050, como combustível complementar ao GN. Além disso, a “Civilização do gás” apresentará uma maior diversificação energética. Petróleo e carvão manterão algumas de suas vocações atuais. Contudo, assim como a geopolítica do carvão deixou de ser decisiva para definir os rumos da “Civilização do petróleo”, serão os gases combustíveis que orientarão a “Civilização do gás”, até que os homens se liberem da combustão para a produção de sua energia térmica, com o uso de células de combustível ou outras tecnologias que a evolução científica ainda poderá viabilizar.

### **Antecedentes históricos e visões de futuro para o gás no Brasil**

A indústria do gás no Brasil iniciou-se no século XIX com a produção de gás a partir do carvão, principalmente para a iluminação pública. Nessa primeira fase, foram constituídas empresas como a CEG (distribuidora de gás da cidade do Rio de Janeiro) e a Comgás (hoje a principal distribuidora do Estado de São Paulo). Todavia, com a introdução da eletricidade, em 1882, a expansão da indústria de gás foi detida. A exceção ficou por conta do GLP, produzido a partir do petróleo e usado quase exclusivamente para a cocção nos centros urbanos, que apresentou importante expansão ao longo do século XX, atingindo uma penetração superior a 90% dos lares brasileiros.

No final dos anos 1970 e início dos anos 1980, foram ensaiadas algumas tentativas de introdução do gás natural na matriz energética brasileira. Destaca-se, entre outras, o início da oferta de gás nacional, produzido em associação com o petróleo e fornecido tanto no Sudeste como no Nordeste do país. Houve, igualmente, as negociações frustradas da Comgás para a importação de GNL da Argélia. No início dos anos 1980, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) estimulou o uso do gás pelas indústrias (CNI/Coase, 1982). Porém, foi no início da década de 1990 que o Brasil despertou novamente para o potencial do gás.

Apesar da concorrência com seu principal negócio, a venda de derivados de petróleo, a Petrobras Petróleo Brasileiro S.A. passou a dar mais relevância para a produção e o suprimento de gás. A companhia descobriu mais reservas de gás nas bacias sedimentares brasileiras e tornou-se importante valorizar economicamente esse recurso natural por meio de investimentos específicos em infraestrutura e na criação de uma demanda para o gás.

A partir de 1990, o Brasil também assumiu compromissos mais firmes com a integração econômica regional, principalmente com a criação da zona de livre-comércio do Mercosul. Essa abertura política se materializou com a construção de um gasoduto conectando a Bolívia e o Brasil, o Gasbol<sup>3</sup> (Figura 1). O Gasbol, que entrou em operação em 1999, relançou a indústria de gás brasileira na medida em que disponibilizou uma grande oferta de gás a preços moderados. Nos *city-gates*, ou seja, no ponto de entrega do gás aos distribuidores e comercializadores, o gás boliviano foi inicialmente vendido a cerca de 3,0 US\$/MMBtu.<sup>4</sup>

Além disso, como discutido em Altmann et al. (2006), o país experimentou, na mesma época, um processo de reestruturação institucional do setor energético, com efeitos particularmente importantes no setor de gás. Houve a privatização das principais companhias de distribuição, a CEG e a Comgás, permitindo a entrada de novos agentes econômicos com capacidade de investimentos e maior vocação gasífera. Tais processos continuam em evolução, desafiando os antigos monopólios estatais da Petrobras e da Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás) (e demais companhias do setor elétrico), que tradicionalmente resistiram ao desenvolvimento de um mercado de gás que pudesse ameaçar o domínio do petróleo e da hidreletricidade na matriz energética nacional.

Em 1997, comercializaram-se no Brasil cerca de 10 MMm<sup>3</sup>/d de gás natural.<sup>5</sup> O mercado, a partir de então, cresceu acima de 20% ao ano, alcançando um volume de vendas da ordem de 28 MMm<sup>3</sup>/d em 2002. No final de 2006, as distribuidoras brasileiras venderam mais de 40 MMm<sup>3</sup>/d, e o ritmo de crescimento do mercado sofreu um pequeno declínio a partir de 2003, quando passaram a surgir tensões políticas e incertezas maiores em relação às importações de gás da Bolívia. Ainda assim, ao longo de todo o período de 1997 a 2006, a expansão média anual do mercado de gás brasileiro foi de aproximadamente 18%, estando muito acima da taxa de crescimento do consumo total de energia do país.

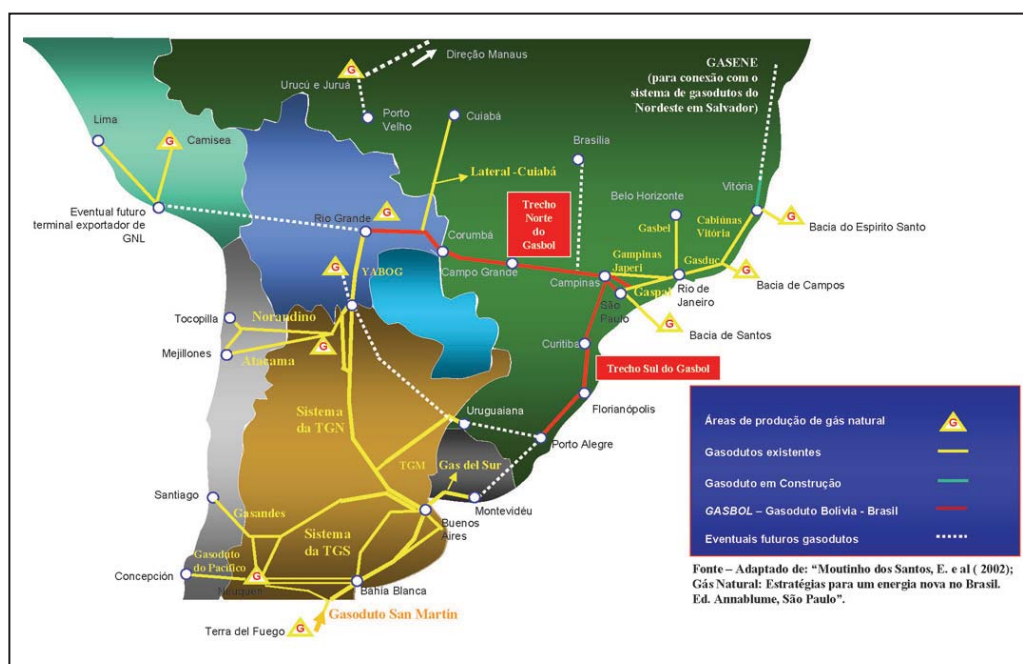


Figura 1 – O Gasbol e seu papel integrador entre o Sistema de Gasodutos das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil com os demais países do Cone Sul.

A despeito desse forte crescimento, o volume de gás natural vendido no final de 2006 correspondia a 13,2 milhões de toe. Ou seja, o equivalente a 0,57% do consumo de gás total do planeta em 2004. Tal participação pode ser considerada irrisória para um país que representa quase 4% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial e cerca de 2% do consumo global de petróleo.

Com relação aos cenários futuros para o consumo de energia primária no Brasil, a Tabela 3 resume e compara duas perspectivas. A Agência Internacional de Energia (IEA, 2006a) produziu um “Cenário de Referência para o Brasil”. Por sua vez, o governo brasileiro, por intermédio de sua empresa para pesquisas energéticas, a EPE (2006), produziu o “Plano Nacional de Energia 2030”.

Mesmo partindo de pressupostos bastante próximos, há uma grande discrepância entre os dois estudos. Por exemplo, para 2030, a EPE sugere que o Brasil demandará aproximadamente 65% mais de energia primária do que o estimado pela AIE. Ao longo de todo o período de análise, que é similar para ambos, o consumo total de energia primária deverá crescer a uma taxa média anual de 2,2% (segundo a AIE) e 4,0% (segundo a EPE). Para a AIE, o Brasil deverá seguir um caminho similar àquele previsto para o resto do planeta. Ou seja, até 2030, haverá uma perda de participação em fontes de energia fóssil como petróleo e carvão, compensada por grandes crescimentos no consumo de energias renováveis e nuclear. Apesar disso, a participação relativa do conjunto das energias fósseis não se altera até o final do período, mantendo uma participação dominante de 57,6%.<sup>6</sup>

Tabela 3 – Cenários energéticos para o Brasil – AIE &amp; EPE

Cenários da AIE						
	2004		2015	2030		2004-2030
	(MMtoe) <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	(MMtoe) <sup>1</sup>	(MMtoe) <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	% <sup>3</sup>
Carvão	14,2	7,1%	15,1	18,0	5,2%	0,9%
Petróleo	84,8	42,4%	108,4	141,7	40,6%	2,0%
Gás natural	15,8	7,9%	25,9	41,2	11,8%	3,8%
Nuclear	3,0	1,5%	6,3	6,3	1,8%	2,9%
Hidreletricidade	27,6	13,8%	38,0	50,0	14,3%	2,3%
Biomassa e rejeitos	54,4	27,2%	70,6	89,8	25,7%	1,9%
Outras renováveis	0,0	0,0%	0,5	1,9	0,5%	25,4%
Total fóssil	114,8	57,5%	149,4	200,9	57,6%	2,2%
GN / Total fóssil <sup>5</sup>		13,8%			20,5%	
Nuclear + renovável	85,0	42,5%	115,4	148,0	42,4%	2,2%
Total	199,8	100,0%	264,8	348,8	100,0%	2,2%
Cenários da EPE						
	2005		2030		2005-2030	
	(MMtoe) <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	(MMtoe) <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	% <sup>3</sup>	
Carvão	13.122	6,0%	40.362	7,0%	4,6%	
Petróleo	85.293	39,0%	207.576	36,0%	3,6%	
Gás natural	19.683	9,0%	86,49	15,0%	6,1%	
Nuclear	2.187	1,0%	11.532	2,0%	6,9%	
Hidreletricidade	32.805	15,0%	74.958	13,0%	3,4%	
Biomassa <sup>4</sup>	59.049	27,0%	121.086	21,0%	2,9%	
Outras renováveis	6.561	3,0%	34.596	6,0%	6,9%	
Total fóssil	118.098	54,0%	334.428	58,0%	4,3%	
GN / Total fóssil <sup>5</sup>		16,7%		25,9%		
Nuclear + renovável	100.602	46,0%	242.172	42,0%	3,6%	
Total	218,7	100,0%	576,6	100,0%	4,0%	

Onde:

1 – Em milhões de toneladas de óleo equivalente.

2 – Participação % da fonte na matriz anual.

3 – Crescimento % anual médio da fonte entre 2004 e 2030.

4 – Inclui lenha, derivados de cana-de-açúcar e carvão vegetal.

5 – Participação % do consumo de GN no consumo total de energia fóssil no ano.

Fonte: Agência Internacional de Energia & Empresa de Pesquisa Energética.



A participação sempre dominante das energias fósseis se deve a dois fenômenos. Por um lado, prevê-se a queda no consumo de energia renovável tradicional, como a lenha. Por outro, o gás natural será a fonte de energia que apresentará a segunda maior taxa de crescimento ao longo do período. Em 2030, o GN representará aproximadamente 12% do total da matriz energética e 20% do consumo total de energias fósseis do Brasil (contra, respectivamente, 8% e 14%, em 2004).

No cenário da EPE, o Brasil tende a seguir um caminho distinto daquele do resto do mundo. A participação do conjunto das energias fósseis deve aumentar no período 2005-2030. Haverá uma perda relativa do petróleo que será compensada por aumentos robustos no consumo de carvão e gás natural. Além disso, a EPE sugere uma expansão da energia nuclear aproximadamente 138% maior do que aquela prevista pela AIE. A expansão relativa do GN também será vigorosa, e, em 2030, o gás deverá representar 15% da matriz energética nacional (e 26% do consumo total de energias fósseis do país).

A análise comparativa dos dois cenários permite extrair o forte crescimento do consumo de GN como uma das tendências fortes para a evolução energética brasileira, em linha com o esperado para a realidade global. Para a EPE, o Brasil consumirá, em 2030, aproximadamente 110% mais gás do que o previsto pela AIE. Considerando esse cenário da EPE, o Brasil consumirá, em 2030, aproximadamente 2,2% de todo o gás consumido no mundo. Admitindo-se o cenário da AIE, a participação do Brasil no consumo global de gás será de 1,1%.

Pode-se, então, argumentar que o Brasil caminha igualmente para um quadro energético no qual o gás natural passa a ocupar um papel de maior relevo. Porém, o país ainda se mantém distante de uma “Civilização do gás”, da forma como essa foi conceituada antes. Tudo indica que a transição do país rumo à “Civilização do gás” seja dificultada por conta da manutenção de uma forte vocação brasileira de utilizar a eletricidade como energia final. Essa situação é preservada dentro das previsões tanto da EPE como da AIE.

O modelo de dominante geração hidroelétrica possibilitou ao Brasil utilizar indiscriminadamente a abundante eletricidade gerada, sem estabelecer usos prioritários. Os cenários apresentados antes seguem o mesmo rumo. Por exemplo, a opção para o gás é preferencialmente voltada ao uso como combustível em termoelétricas. Além disso, mantém-se a perspectiva de forte ampliação do parque gerador com a construção de novas hidroelétricas e usinas nucleares. O viés nuclear do cenário da EPE é particularmente estridente. A manutenção desse modelo evita quaisquer desafios de se repensar profundamente a matriz de usos finais da energia. O uso alternativo do gás, substituindo a eletricidade e promovendo a entrada do Brasil na “Civilização do gás”, é dificultado e considerado apenas marginalmente pelos cenários.

A construção da “Civilização do gás” no Brasil exige uma visão de futuro focada nas necessidades energéticas dos consumidores e no aproveitamento da

qualidade da energia nos usos finais. É igualmente necessário um compromisso forte do país para superar importantes desvantagens estruturais do gás dentro da realidade brasileira. Em particular, a carência da infra-estrutura essencial para seu transporte e distribuição, desde as áreas de produção até os consumidores finais, envolverá grandes investimentos.

A construção de uma logística gasífera de transporte e distribuição representa um obstáculo importante para os consumidores brasileiros terem acesso ao gás. Apesar de a situação econômica brasileira apresentar grandes melhoras em relação às décadas conturbadas de 1980 e 1990, o país ainda sofre de importante carência de investimentos e escassa oferta de fontes de capital barato e de longo prazo, os quais são necessários para a construção da “Civilização do gás”. A viabilização da construção das cadeias de suprimento de gás envolve engenharias financeiras complexas, que se ancoram na existência de mercados robustos ou em forte expansão a ser servido.

No caso do Brasil, tem se procurado frequentemente ancorar tais investimentos pela construção de grandes usinas termelétricas a gás. O sucesso de tal estratégia postergará a lógica do uso indiscriminado da eletricidade, transformando a “Civilização do gás” em uma remota perspectiva para o país. Porém, na prática, pelo menos até o momento, essa estratégia da termelétricidade a gás não tem se demonstrado sustentável, fazendo que a indústria do gás no Brasil pareça caminhar sempre no limiar de crises e de baixa confiabilidade e atratividade para os consumidores. Os cenários, então, apresentados tendem a perder qualquer representatividade.

Adentrar na “Civilização do gás” no Brasil envolve, antes de tudo, uma mudança cultural importante na relação entre o homem e a energia, a qual, por seu turno, abarca uma dimensão de tecnologia e de conhecimento. Trata-se de promover uma transição energética para racionalizar o uso da eletricidade e garantir que o gás possa ocupar seus espaços mais legítimos. Por meio de políticas consistentes, essa transição pode consolidar-se ao longo do próximo meio século. Nessa transformação, a sociedade abandonará gradativamente aquela que pode ser considerada a grande distorção da matriz energética brasileira, qual seja, o uso exagerado da eletricidade como energia final, mesmo para a produção de calor e frio.

O país caminhará, então, em direção à construção de uma matriz energética mais diversificada no campo do uso final da energia, com novas opções de fontes primárias atendendo a seus usos mais adequados e com uma liderança clara do gás natural, principalmente na produção de energia térmica de alta qualidade. Essa opção representará a consolidação da verdadeira “Civilização do gás” no país. Trata-se de um modelo totalmente diferente daquele que suporta os cenários apresentados na Tabela 3. Nesse, o foco é de meramente diversificar as fontes de energia primária para a produção de mais eletricidade, inclusive com um grande estímulo da energia nuclear (na proposta da EPE).

A solidificação da “Civilização do gás” no Brasil dependerá do processo de criação de conhecimento e tecnologia visando à maior racionalidade e eficiência do uso final da energia. No Brasil, há muito pouca compreensão sobre as tecnologias mais adequadas para a queima do gás, com alto valor agregado, e promovendo essa maior racionalidade energética. As tecnologias não estão disponíveis, e não se estimula sua importação ou desenvolvimento doméstico. Assim, torna-se pouco provável uma grande difusão do interesse de os consumidores converterem-se ao mundo do gás.

O desinteresse dos consumidores é alimentado na medida em que seu acesso ao gás torna-se cada vez mais limitado. As desvantagens estruturais tornam-se permanentes obstáculos que inibem a competitividade do gás em relação a outros energéticos. A logística do gás é restritiva para o desenvolvimento do mercado e torna-se cada vez mais impeditiva quando seu uso prioritário é dado ao próprio setor elétrico, procurando reservar disponibilidades de gás para suas termelétricas. O consumidor tende a perder a credibilidade em relação à segurança de suprimento de gás para outros usos. Não há pressão dos próprios consumidores sobre os dirigentes responsáveis pela política energética para restringir as dificuldades de acesso ao gás. Pelo contrário, o gás é visto como um *back-up* interessante para reduzir os riscos de suprimento de um modelo voltado ao consumo indiscriminado da eletricidade. Mesmo que isso imponha total irracionalidade ao processo de construção da indústria de gás.

Os obstáculos de infra-estrutura poderiam encontrar soluções tecnológicas alternativas, com a construção de sistemas de suprimento a granel, de menor custo, maior flexibilidade e que permitam um acesso mais rápido ao gás, antecipando a consolidação da nova “Civilização do gás”. Porém, esse esforço também exige concepções novas e um foco no uso final do gás, visando à produção de energia térmica diretamente. Novas concepções de logística de suprimento energético precisariam ser incorporadas, não mais promovendo apenas grandes estruturas de rede dutoviária, mas fazendo uso da infra-estrutura rodoviária, ferroviária e hidroviária já existente no país. Essas opções não são contempladas nos cenários da EPE e da AIE. Portanto, a visão de futuro promissor que esses cenários traçam para o gás no Brasil dificilmente poderá ser traduzida como a adentrada do país na “Civilização do gás”.

### **Conclusão**

Este trabalho introduziu um conceito polêmico e ainda não completamente absorvido pela literatura voltada às questões energéticas, qual seja, o de “Civilização do gás”, que se refere a um mundo energético, cuja vida útil deverá estender-se ao longo do próximo século, materializando uma liderança crescente dos gases combustíveis na matriz energética mundial. Procurou-se demonstrar a lógica, as premissas e as dificuldades de concretização dessa nova civilização energética. A realidade brasileira foi particularmente considerada, revelando dificuldades ainda maiores para o gás em um país cuja principal vocação energética é o uso intensivo da eletricidade como energia final.

Mostrou-se que, apesar de todos os benefícios potenciais que o gás natural pode proporcionar aos consumidores, inúmeras barreiras culturais, tecnológicas e econômicas inibem sua adoção como fonte principal de energia. Sem um processo revolucionário de criação de conhecimento, tecnologia e cultura gasífera que favoreça a penetração do gás em usos finais legítimos como a energia térmica e a força motriz, o desenvolvimento dos mercados gasíferos torna-se de alto risco. O financiamento de gasodutos e toda a infra-estrutura associada a produção, transporte, distribuição e uso final do gás também se torna difícil e inibidor ao processo de estruturação da “Civilização do gás”.

Todos os cenários apresentados indicam um forte crescimento do consumo de energia, acreditando-se que a matriz energética mundial não sofrerá substancial alteração ao longo das próximas décadas. Essa é uma hipótese que poderia ser questionada, ainda que não tenha sido o foco deste trabalho. As fontes fósseis continuarão dominantes, cabendo ao gás natural papel ainda mais relevante.

É importante observar que, mesmo prevendo grandes crescimentos na participação do gás na matriz energética mundial, tais cenários energéticos dificilmente conduzem ao conceito de “Civilização do gás”, pois os gases simplesmente assumem um papel crescente como energia primária alternativa na geração de eletricidade.

No caso de países menos desenvolvidos como o Brasil, a construção da “Civilização do gás” dificilmente poderá ser materializada com os recursos financeiros e as políticas energéticas atualmente disponíveis. Para contornar essa situação, os países em desenvolvimento teriam de aproveitar as novas tecnologias, de modo a não ter de perenizar um histórico de crescimento exagerado e quase sem fim do consumo energético, como um todo, e de eletricidade em particular. Um problema inicial são os custos dessas tecnologias, com os quais não necessariamente os países pobres podem arcar. Porém, a sua exclusão tecnológica conduz a um sistema energético global irracional, com a dilapidação desnecessária de recursos energéticos cada vez mais escassos, bem como crescentes impactos ambientais que poderiam ser evitados por meio da maior eficiência no uso final da energia.

No Brasil, a estratégia de construir a “Civilização do gás” parece disputar preferências em relação, especialmente, à revitalização da energia nuclear. Quanto ao nuclear, merece destaque o papel reservado pela EPE ao seu crescimento na matriz energética do país até 2030. Tal energia é exclusivamente destinada à geração de eletricidade, portanto trata-se de promover a antítese da “Civilização do gás”. Nesse mesmo cenário, também está previsto um forte crescimento na participação do gás na matriz energética, porém tendo como ênfase a produção de eletricidade. Novamente, corrobora-se a manutenção do uso indiscriminado da eletricidade como energia final e um afastamento progressivo da “Civilização do gás”.

Procurou-se, neste artigo, estimular uma reflexão quanto à ruptura de paradigmas energéticos necessária para o despertar de uma “Civilização do gás”. Nem sempre as nações encontram os caminhos que permitem superar os obstáculos para atingir essa meta. As tradições de uma matriz energética já assentada em outras fontes de energia, que estão associadas a outros grupos de interesse, recriam continuamente novas barreiras que bloqueiam o nascimento e o desenvolvimento de uma indústria de gás pujante e civilizadora. De fato, como foi enfatizado ao longo do texto, adentrar na “Civilização do gás” envolve, antes de tudo, mudanças culturais, as quais somente serão possíveis mediante esforços significativos na geração de tecnologia e conhecimento para o melhor uso final da energia. Esse é o principal efeito civilizador do gás.

O Brasil apresenta um importante exemplo ligado à mudança de hábitos de consumo de combustíveis, que é o programa de álcool. De certa maneira, esse programa encontrou, ao longo da história, obstáculos muito semelhantes aos verificados hoje na área de gás natural. Contudo, o Brasil pode orgulhar-se de ser o único país no mundo a dispor de carros que podem usar gasolina e álcool em qualquer proporção, bem como uma participação significativa de uso de biocombustíveis no setor de transporte. Há uma vantagem competitiva que poderá ser explorada, ainda que tal opção energética envolva, ela mesma, os seus próprios problemas que ainda precisam ser equacionados. O Brasil também foi pioneiro na produção de petróleo *offshore* em águas profundas. De novo, superadas algumas críticas, trata-se de uma experiência ímpar de um país menos desenvolvido utilizando-se de sua capacidade de gerar tecnologia e conhecimento para obter competitividade no setor energético.

Caso o país consiga aproveitar as vantagens potenciais do gás e possa rever sua história relacionada a esse energético, aproveitará, novamente, uma oportunidade histórica de garantir uma maior eficiência energética em um mundo cada vez mais restritivo na disponibilidade de fontes primárias de energia e na capacidade de absorver impactos ambientais.

Do contrário, se permanecer a tendência de planejamento energético apenas baseado na oferta de energia, perderá uma oportunidade de ser pioneiro na “Civilização do gás”, bem como de caminhar rumo a uma maior independência energética. Não uma independência nacionalista, nos padrões da que se assistiu nos anos 1970, preocupada exclusivamente com uma auto-suficiência de produção de energia barata (que sempre acaba voltando na forma de outros custos para a sociedade). A verdadeira independência energética obtém-se criando na nação forças produtivas de alto valor agregado, que possam adquirir a energia muito mais cara do amanhã. Essa energia muito mais cara deverá ser utilizada com muito maior responsabilidade. A construção da “Civilização do gás” é um passo essencial na direção de um mundo no qual os homens terão maior responsabilidade em relação ao futuro do seu planeta.

## Notas

- 1 A substituição da gasolina pelo GNV – impulsionada principalmente por incentivos fiscais aplicados sobre os combustíveis, em um país como o Brasil, no qual, para os veículos leves, ainda existe a opção de utilização do álcool, em automóveis cuja tecnologia dominante passa a ser os motores ditos *flex-fuel* (álcool e gasolina) – merece discussões mais profundas, que serão evitadas neste artigo. Enquanto isso, o óleo diesel continua sendo o combustível dominante no sistema de transporte brasileiro, representando mais de 50% do consumo total. O uso do gás veicular em caminhões ou ônibus ainda é irrisório, desafiando aqueles interessados em modificar a matriz de combustíveis para veículos pesados no país.
- 2 Não serão apresentadas as premissas que cada um dos estudos comporta, reconhecendo-se que tal ausência compromete sua leitura comparativa. Contudo, o objetivo é tentar identificar “tendências fortes”, que possam estar presentes a despeito dos detalhes ou diferentes hipóteses que embasam cada cenário.
- 3 O Gasbol tem cerca de 3.200 quilômetros de extensão, dos quais aproximadamente 2.600 encontram-se em território brasileiro, conectando a fronteira do Brasil com a Bolívia até a cidade de Porto Alegre, no extremo-sul do país. No lado brasileiro, o gasoduto é constituído por duas seções. A seção norte do gasoduto é a maior, com aproximadamente 1.400 quilômetros, conectando a fronteira com o Estado de São Paulo. A seção sul do Gasbol estende-se cerca de 1.200 quilômetros de São Paulo até Porto Alegre.
- 4 Onde: MMBtu = Milhão de British Thermal Units. Um preço de 3,0 US\$/MMBtu equivalia a um preço de petróleo ligeiramente inferior a 18 US\$/barril, podendo ser considerado moderado para um combustível de melhor qualidade, mesmo nos idos do final da década de 1990, quando os preços da energia no mercado internacional encontravam-se baixo. O gás nacional era vendido a preços inferiores, porém a Petrobras jamais disponibilizou uma oferta abundante desse gás, capaz de alterar substancialmente a matriz energética do país.
- 5 Onde: MMm<sup>3</sup>/d = Milhão de metros cúbicos por dia. O volume de 10 MMm<sup>3</sup>/d equivale a 3,3 milhões de toe por ano. Ou seja, o consumo de gás no Brasil em 1997 equivalia a 0,23% do consumo mundial registrado em 1980.
- 6 Nota-se que, no Brasil, a participação de fontes de energia fóssil é historicamente menor do que aquela verificada para o resto do mundo. Essa particularidade reflete a grande disponibilidade de recursos naturais no país, incluindo água, terra e radiação solar, que leva a uma vocação mineral, agrícola e agroindustrial da economia brasileira. Essa vocação e a disponibilidade de recursos privilegiam políticas energéticas que tendem a favorecer as fontes de energia renováveis.

## Referências bibliográficas

- ALTMANN, R. G. et al. Estratégias tecnológicas para o gás natural em São Paulo. In: RUIZ, M. L.; MACHADO, E. L. (Org.) *Observatório de tecnologia e inovação – A experiência paulista no período 2002 a 2005*. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2006.
- CNI/COASE. *Gás natural: fonte de suprimento energético*. Conselho para Assuntos de Energia. Rio de Janeiro, 1982.

ELETROBRÁS/PROCEL. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de consumo de energia, 2005. Disponível em Portal Procel Info: <www.procelinfo.com.br>. Acessado em: 12.2.2007.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Nacional de Energia 2030 – Estratégias para a expansão da oferta*. Rio de Janeiro, 2006.

IEA – International Energy Agency. *World Energy Investment Outlook 2003*, Paris: OECD, 2003.

\_\_\_\_\_. *World Energy Outlook 2006*, Paris: OECD, 2006a.

\_\_\_\_\_. *Natural Gas Market Review 2006*, Paris: OECD, 2006b.

MOUTINHO DOS SANTOS, E. La tecnologia como condición básica para acceder a uma energia más costosa. *Revista Economía Informa*, n.340, p.23-32, mayo-junio, 2006.

MOUTINHO DOS SANTOS, E. et al. *Gás natural: estratégias para uma energia nova no Brasil*. São Paulo: Annablume, 2002. v.1, p.360.

POULALLION, P. *Manual do gás natural*. Rio de Janeiro: CNI, Coase, 1986. (Coleção José Ermírio de Moraes).

\_\_\_\_\_. *O gás natural e a indústria*. Rio de Janeiro: CNI, Coase, 1989.

REVISTA BRASIL ENERGIA. Dados sobre consumo mensal de GN por setor. Dezembro, 2006.

SHELL. *Exploring the Future: Energy Needs, Choices and Possibilities – Scenarios to 2050*. London: Shell International, 2001.

*RESUMO* – Este trabalho discute o papel do gás natural no Brasil e no mundo, sugerindo que a humanidade está no caminho de construir o que se pode chamar de “Civilização do gás”. Parte-se de um breve panorama da realidade energética internacional, comparando-se vários cenários, de instituições de reconhecida competência, que procuram descrever possibilidades para o futuro energético do planeta. Uma análise comparada desses cenários permite identificar o consumo crescente do gás natural como uma das tendências fortes para os próximos vinte a cinquenta anos. Em seguida, introduz-se o conceito de “Civilização do gás”, apresentando alguns elementos que o justificam. Oferece-se, então, uma perspectiva brasileira do problema. A partir de antecedentes históricos da indústria do gás no Brasil, apresenta-se uma visão crítica sobre o futuro dos gases combustíveis na matriz energética nacional.

*PALAVRAS-CHAVE*: Matriz energética, Gás natural, Gases combustíveis, Civilização do gás.

*ABSTRACTS* – This work discusses the role of natural gas in Brazil and in the world, suggesting that the humanity is building up a kind of Gas Civilization. The text starts with a brief panorama of the international energy reality comparing several scenarios proposed by recognized institutions, and which try to describe possibilities for the future of energy in the planet. Such comparative analysis allows identifying the growing consumption of natural gas as a strong energy trend for the next 20 to 50 years. Then, the concept of Gas Civilization is introduced, presenting some elements justifying it. Following, the

article offers a Brazilian perspective of the problem, starting from the historical antecedents of the gas industry in Brazil, and developing a critical vision regarding the future role of the combustible gases in the Brazilian energy mix.

*KEYWORDS:* Energy mix, Natural gas, Combustible gases, Gas Civilization.

*Edmilson Moutinho dos Santos* é professor associado do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE-USP), coordenador da “Cátedra do gás”, criada no IEE/USP, com o patrocínio da companhia de distribuição de gás natural, Comgás, e com o apoio da Comissão de Serviços Públicos de Energia (CSPE) do Estado de São Paulo. @ – edsantos@iee.usp.br

*Murilo Tadeu Werneck Fagá* é professor do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE-USP). @ – murfaga@iee.usp.br

*Clara Bonomi Barufi* é pesquisadora do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE-USP). @ – clara@iee.usp.br

*Paul Louis Poulallion* é especialista em Energia, diretor-presidente da empresa Sinergia. @ – ppoulallion@sinde.com.br

Recebido em 7.2.2007 e aceito em 12.2.2007.