

**Avaliação Econômica da Inserção do Gás Natural da Amazônia na Matriz Elétrica da Cidade de Manaus, Estado do Amazonas****Economic Evaluation of the Insertion of Natural Gas from the Amazon in the Electric Matrix of the City of Manaus, State of Amazonas**

DOI:10.34115/basrv4n5-030

Recebimento dos originais: 04/09/2020

Aceitação para publicação: 22/10/2020

**Willamy Moreira Frota**

Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas  
Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará  
Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil  
E-mail: wmfrota@gmail.com

**Whylker Moreira Frota**

Especialização em Engenharia de Manutenção pela Universidade Federal do Amazonas  
Especialização em Gestão em Tecnologia do Gás Natural pela Universidade do Estado do Amazonas  
Mestrado em Engenharia de Recursos da Amazônia pela Universidade Federal do Amazonas  
Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil  
E-mail: whylkermoreirafrota53@gmail.com

**José Alberto Silva de Sá**

Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará  
Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará  
Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil  
E-mail: jalbertosa@ufpa.br

**Arthur da Costa Almeida**

Bacharel e mestre em Matemática  
Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará  
Universidade Federal do Pará, Castanhal, Brasil  
E-mail: arthur@ufpa.br

**Brígida Ramati Pereira da Rocha**

Mestrado em Geofísica  
Doutorado em Geofísica pela Universidade Federal do Pará  
Professora associada da Universidade Federal do Pará  
Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil  
E-mail: brigida@ufpa.br

**José Pissolato Filho**

Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas  
Doutorado em Engenharia Elétrica - Université de Toulouse III (Paul Sabatier)  
Professor titular da Universidade Estadual de Campinas  
Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil  
E-mail: pisso@dsce.fee.unicamp.br

**RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo estudar os impactos econômicos decorrentes da substituição dos óleos combustíveis derivados de petróleo pelo gás natural, proveniente da Bacia Petrolífera do Solimões (AM) na matriz elétrica da cidade de Manaus. O estudo considerou o volume de gás e o prazo de duração definidos pelo contrato de fornecimento do gás natural para o parque térmico de Manaus. Baseado nos aspectos de geração de eletricidade, consumo e custo dos energéticos (óleos derivados de petróleo e gás natural), a pesquisa permitiu: (a) identificar que no custo evitado, com a substituição dos energéticos para o parque térmico existente na cidade de Manaus, será da ordem de R\$ 1,0 bilhão, por ano, a partir do ano de 2012; e (b) desenvolver uma proposta de implantação de uma usina termelétrica com turbinas a gás em ciclo combinado do porte de 500 a 600 MW de potência nominal instalada.

**Palavras-chave:** Cidade de Manaus, Gás Natural, Petróleo, Geração Termelétrica.

**ABSTRACT**

The objective of this work is to study the economic impacts of replacing petroleum-based fuel oils with natural gas from the Solimões Oil Basin (AM) in the electric matrix of the city of Manaus. The study considered the volume of gas and the duration defined by the contract for the supply of natural gas to the thermal park of Manaus. Based on the aspects of electricity generation, consumption and cost of energy sources (oil derivatives and natural gas), the research allowed: (a) to identify that at the avoided cost, with the replacement of the energy sources for the existing thermal park in the city of Manaus, it will be of the order of R\$ 1.0 billion, per year, starting in 2012; and (b) to develop a proposal for the implementation of a thermoelectric plant with gas turbines in combined cycle of the size of 500 to 600 MW of nominal installed power.

**Keywords:** City of Manaus, Natural Gas, Oil, Thermoelectric Generation.

**1 INTRODUÇÃO**

No estado do Amazonas, a disponibilidade, a extensão e a diversidade dos recursos naturais e ambientais – renováveis e não renováveis – potencialmente disponíveis para uso econômico se constituem como fator importante das vantagens competitivas do estado, onde se tem a formação de um novo polo de desenvolvimento regional, com investimentos em obras de infraestrutura e novos empreendimentos, como o núcleo de exploração de gás natural e petróleo do campo de Urucu, no município de Coari (AM). Com isto, a infraestrutura básica de energia elétrica no estado do Amazonas assume importância significativa e, até mesmo primordial, dentro do processo de desenvolvimento e integração da Amazônia ao cenário nacional.

Atualmente, o suprimento de energia elétrica no Estado é de responsabilidade da concessionária Amazonas Energia, que possui 709.230 consumidores ativos distribuídos pelas classes residencial, industrial, comercial, rural, poder público, serviço público e outros. O fornecimento de energia elétrica no ano de 2010 foi de 4.808,39 GWh, sendo 3.982,82 GWh para a capital Manaus e de 825,57 GWh para o interior do Estado, demonstrando que 83% do fornecimento do estado do Amazonas está concentrado na capital e apenas 17% nos demais municípios, tendo como base a geração térmica com óleos combustíveis derivados de petróleo [1].

## Brazilian Applied Science Review

Na capital, a concessionária atende 442.306 consumidores ativos, entre eles as empresas instaladas no Pólo Industrial de Manaus. Em 2010, o fornecimento de energia apresentou um acréscimo da ordem de 8,86%, basicamente em função do aumento de 11,44% no consumo da classe industrial. Na classe residencial o consumo cresceu 5,58%. As classes industrial e residencial representaram, respectivamente, 40% e 23,4% do total do mercado atendido.

Nesse cenário, a implantação do projeto do gás natural, descoberto na década de 80, irá contribuir na oferta de energia nos próximos anos, com significativas melhorias nas questões ambientais e econômicas para o setor de energia do estado do Amazonas.

O gasoduto Coari – Manaus construído conforme ilustrado na Fig. 1, com aproximadamente 400 km de extensão, transporta o gás natural desde o Terminal Solimões, em Coari, até a cidade de Manaus (AM). O gasoduto tem origem no município de Coari e passa pelos municípios de Codajás, Anori, Anamá, Caapiranga, Manacapuru e Iranduba, todos no estado do Amazonas, até chegar a Manaus. O empreendimento necessitou de um investimento total da ordem de R\$ 4,5 bilhões [2]. A vazão com que o gás será escoado poderá ser de aproximadamente 10.500.000m<sup>3</sup>/dia, para um mercado previsto, inicialmente, de 5.500.000m<sup>3</sup>/dia em Manaus [3].

Fig. 1. Aproveitamento termelétrico do gás natural da Bacia do Rio Solimões.



Quanto aos pontos de fornecimento do gás (*citygates*) para atendimento da demanda de Manaus, os mesmos estão instalados junto a Refinaria de Manaus da Petrobras, a UTE Mauá e a UTE Aparecida, onde será medida a parcela do gás natural que será transferida da transportadora para a distribuidora de

gás natural CIGÁS, que foi responsável pela construção dos ramais de distribuição de gás natural para atendimento às demais 05 (cinco) Usinas Termelétricas, pertencentes aos Produtores Independentes de Energia – PIEs, existentes na cidade de Manaus.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para uma melhor definição do trabalho, o universo estudado será a geração termelétrica, na cidade de Manaus, que utilizará o gás natural como energético em substituição aos óleos combustíveis derivados de petróleo, tendo como premissa a mesma quantidade de energia gerada para as duas análises (óleos combustíveis e gás natural), e prevista, para o ano de 2011, no Plano Anual de Operação para o sistema elétrico de Manaus [4]. Essas usinas térmicas que irão operar com gás natural, de forma contínua, são apresentadas na Tabela I.

Outro parâmetro considerado foi o horizonte do cenário estudado, que foi o tempo de vigência do contrato de fornecimento do gás natural entre as empresas Amazonas Energia e a CIGÁS, tendo em vista que o contrato ainda tem vigência de 20 anos a partir de dezembro de 2010. Assim, o horizonte considerado no estudo será de janeiro de 2011 a dezembro de 2030.

### **2.1 PARÂMETROS PARA O CÁLCULO DOS CUSTOS DOS COMBUSTÍVEIS**

Foram considerados os valores dos consumos específicos e custos dos combustíveis definidos no Plano de Operação-2011 da Eletrobras para o sistema elétrico de Manaus [4] para os combustíveis derivados de petróleo e para o gás natural, para o ano de 2011, utilizando o fator de conversão de petróleo e gás de 1 MMBTU equivalente a 26,8 m<sup>3</sup> [5], conforme Tabela I.

TABELA I- CUSTOS E CONSUMOS ESPECÍFICOS DOS COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL NO ANO DE 2011

USINA	Combustíveis Derivados de Petróleo			Gás Natural		
	Tipo	Custo (R\$/t) e (R\$/m <sup>3</sup> )	Consumo Específico (kg/kWh) e (l/kWh)	Heat - Rate (Consumo Específico)		Custo (R\$/m <sup>3</sup> )
				BTU/kWh	m <sup>3</sup> /kWh	
UTE APARECIDA BLOCO I	OCTE (m <sup>3</sup> )	1.922,00	0,280	9.484	0,254	0,8762
UTE APARECIDA BLOCO II	OCTE (m <sup>3</sup> )	1.922,00	0,285	9.484	0,254	0,8762
UTE CRISTIANO ROCHA (PIE)	OC-1A (t)	1.764,20	0,209	9.234	0,247	0,9169
UTE JARAQUI (PIE)	OC-1A (t)	1.764,20	0,208	9.234	0,247	0,9169
UTE MANAUARA (PIE)	OC-1A (t)	1.764,20	0,209	9.287	0,249	0,9169
UTE MAUÁ BLOCO III (PIE)	OCTE (m <sup>3</sup> )	1.922,00	0,365	12.045	0,323	0,8762
UTE PONTA NEGRA (PIE)	OC-1A (t)	1.764,20	0,210	9.200	0,246	0,9169
UTE TAMBAQUI (PIE)	OC-1A (t)	1.764,20	0,208	9.234	0,247	0,9169

Nesse contexto, a construção do cenário de aplicação do gás natural na matriz elétrica da cidade de Manaus será baseada na projeção de geração de energia elétrica das usinas térmicas que foram convertidas para utilização do gás natural para atendimento do cenário pré-determinado na vigência do contrato de fornecimento de gás natural para períodos de doze meses por ano, ou seja, período de 2012-2030.

## 2.2 A GERAÇÃO TERMELÉTRICA A GÁS NATURAL NA CIDADE DE MANAUS

A substituição de combustíveis derivados de petróleo por gás natural, simulado para o ano de 2012, nas plantas termelétricas que atendem a cidade de Manaus, compostas por parque térmico próprio (Usinas de Aparecida e de Mauá) e pelos PIEs (Usinas Termelétrica – UTEs Tambaqui, Jaraqui, Ponta Negra, Manauara e Cristiano Rocha) cujas conversões foram concluídas no ano de 2011, projeta grandes vantagens econômicas para o negócio de energia elétrica na cidade de Manaus e para toda a sociedade brasileira.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS COMBUSTÍVEIS E GÁS NATURAL

A construção dos cenários para a análise econômica da utilização do gás natural no setor elétrico da cidade de Manaus foi baseada na operação de todas as unidades termelétricas convencionais (ciclo simples), instaladas atualmente, que foram convertidas para operarem com gás natural, com uma potência total da ordem de 575 MW, sendo 270 MW do parque próprio da Amazonas Energia e 305

MW dos PIEs. Foi considerado ainda que o fator de disponibilidade para as máquinas do parque próprio será de 83% e de 100% para as usinas dos PIEs, devido aos contratos firmados com essas empresas geradoras de energia que consideram a garantia de energia assegurada com potência total disponível de 305 MW.

Foi considerando ainda que o contrato de compra e venda de gás natural celebrado entre a CIGÁS e a Manaus Energia (atual Amazonas Energia), com cláusulas “*take-or-pay*” e “*ship-or-pay*” [6], sinaliza um valor total estimado, para o ano de 2012, da ordem de R\$ 0,69/m<sup>3</sup> de gás natural (R\$ 25,42/MMBTU) para as plantas próprias e R\$ 0.79/m<sup>3</sup> de gás natural para as plantas dos PIEs (incluindo o preço do transporte na rede de distribuição de gás na cidade de Manaus, que será cobrado durante 96 meses a partir do segundo semestre de 2011).

Para os cálculos dos custos anuais previstos com os combustíveis derivados de petróleo e gás natural, e para os cálculos dos custos anuais evitados com a substituição dos energéticos foram consideradas as equações (1) e (2), respectivamente:

$$CP = CC \times CAP \quad (1)$$

Onde: *CP* é o custo anual previsto com a aquisição dos combustíveis para as usinas térmicas; *CC* é o custo unitário do combustível (óleos derivados de petróleo ou gás natural) e *CAP* é consumo anual previsto do combustível (óleos derivados de petróleo ou gás natural).

$$CAE = CAP_A - CAP_B \quad (2)$$

Onde: *CAE* é custo anual evitado com a substituição dos combustíveis; *CAP<sub>A</sub>* é o custo anual previsto para a aquisição dos óleos derivados de petróleo e *CAP<sub>B</sub>* é custo anual previsto para a aquisição do gás natural.

Nesse contexto, a Tabela II apresenta a comparação dos custos anuais calculados com a utilização de combustíveis derivados de petróleo e gás natural para as plantas térmicas que serão convertidas para a utilização deste energético.

TABELA II- IMPACTOS ECONÔMICOS COM O USO DO GÁS NATURAL – CENÁRIO PARA O ANO DE 2012

USINA	Pot. (MW)	Combustíveis Derivados de Petróleo		Gás Natural		Custo Anual Evitado <sup>(A) - (B)</sup> (R\$)
		Tipo de Combustível	Custo Anual Previsto <sup>(A)</sup> (R\$)	Consumo Diário Previsto (m <sup>3</sup> /dia)	Custo Anual Previsto <sup>(B)</sup> (R\$)	
UTE APARECIDA BLOCO I	80	OCTE (m <sup>3</sup> )	313,0 milhões	440.000	138,8 milhões	174,2 milhões
UTE APARECIDA BLOCO II	80	OCTE (m <sup>3</sup> )	318,6 milhões	440.000	138,8 milhões	179,8 milhões
UTE CRISTIANO ROCHA (PIE)	65	OC-A1 (t)	210,0 milhões	400.000	132,0 milhões	78,0 milhões
UTE JARAQUI (PIE)	60	OC-A1 (t)	192,9 milhões	400.000	132,0 milhões	60,9 milhões
UTE MANAUARA (PIE)	60	OC-A1 (t)	193,8 milhões	400.000	132,0 milhões	61,8 milhões
UTE MAUÁ BLOCO III	110	OCTE (m <sup>3</sup> )	561,1 milhões	920.000	290,2 milhões	270,9 milhões
UTE PONTA NEGRA (PIE)	60	OC-A1 (t)	194,7 milhões	400.000	132,0 milhões	62,7 milhões
UTE TAMBAQUI (PIE)	60	OC-A1 (t)	192,9 milhões	400.000	132,0 milhões	60,9 milhões
<b>TOTAL</b>	<b>575</b>	-	<b>2,2 bilhões</b>	<b>3,8 milhões</b>	<b>1,2 bilhão</b>	<b>1,0 bilhão</b>

Considerando a simulação de geração de energia elétrica na cidade de Manaus, com a utilização do gás natural, para essas plantas durante todo o ano de 2012, podemos verificar que a substituição de óleos derivados de petróleo por gás natural, para gerar a mesma quantidade de energia, poderá representar um benefício econômico imediato para o setor elétrico brasileiro, com expressiva diminuição no custo de aquisição do combustível, da ordem de R\$ 1,0 bilhão por ano, ou seja, aproximadamente US\$ 529 milhões, considerando a cotação de fechamento do dólar no dia 25 de novembro de 2011 de US\$ 1.0 igual a R\$ 1,89 [7], sinalizando uma redução da ordem de 45% (quarenta e cinco por cento) em comparação ao custo previsto com aquisição dos óleos combustíveis.

Outro aspecto que dever ser destacado é que o valor total do investimento do gasoduto Coari – Manaus foi da ordem de R\$ 4,5 bilhões (US\$ 2,4 bilhões), e que os custos dos serviços de conversão das unidades geradoras do parque próprio da Amazonas Energia (UTE Aparecida e UTE Mauá) foi de aproximadamente US\$ 4.0 milhões, conforme contrato n° OC 36769/2009 [8] para a UTE Mauá, e de aproximadamente

US\$ 7.0 milhões, conforme contrato n° OC 33141/2009 [9] para a UTE Aparecida; enquanto que para as usinas dos PIEs já estava previsto a instalação de unidades térmicas a bicombustível (óleo e gás), conforme contrato firmado entre a concessionária e os PIEs.

### 3.2 PROPOSTA PARA A OTIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO TÉRMICA A GÁS NATURAL NA CIDADE DE MANAUS

Considerando a premissa do volume de gás natural contratado para a geração de energia elétrica na cidade de Manaus, é importante registrar que, quanto ao aspecto econômico, o contrato de compra de gás natural foi firmado sob o regime “*take-or-pay*” e “*ship-or-pay*”. Logo, é determinante que sejam estudadas alternativas de modulação para a geração de energia elétrica para a utilização desse gás já contratado, que é de 4,8 milhões de m<sup>3</sup>/dia para as usinas térmicas de Manaus.

O parque térmico atualmente instalado, que utiliza o gás natural como combustível, sinaliza, para o ano de 2012 um consumo da ordem de 3,8 milhões de m<sup>3</sup>/dia para a geração de energia elétrica na cidade de Manaus (Tabela II). Contudo, será pago todo o volume contratado de 4,8 milhões de m<sup>3</sup>/dia, referente à parcela do transporte (*ship-or-pay*), conforme o contrato de fornecimento do gás natural [6].

Diante dessa situação atual, torna-se relevante avaliar uma opção alternativa à configuração de geração térmica a gás natural atualmente existente visando melhor adequar o negócio a utilização desse energético para a geração de energia elétrica na cidade de Manaus, tendo em vista o contrato de fornecimento existente.

Para a elaboração de uma proposta de melhor utilização do volume total de gás contratado entre as empresas Amazonas Energia e CIGÁS, foram consideradas usinas térmicas com turbinas a gás natural em ciclo combinado, com potências adequadas ao volume de gás contratado para a geração térmica nas usinas próprias da Amazonas Energia, ou seja, da ordem de 2,8 milhões de m<sup>3</sup>/dia.

Nesse cenário, e considerando o rendimento da usina térmica do Mauá (Tabela III) e o volume de gás previsto (Tabela IV), a configuração proposta para uma nova planta térmica na área do parque térmico do Mauá seria composta de uma usina térmica da ordem de 500 a 600 MW de potência total instalada, com a modulação de duas turbinas a gás, e uma turbina a vapor, cujos projetos existem no mercado mundial de energia, e os equipamentos poderiam ser fornecidos por fabricantes tradicionais da área energia, como General Electric e Siemens, entre outros.

Com base na usina térmica proposta, com turbinas a gás em ciclo combinado, foi feito o cálculo da energia gerada para o mesmo volume de gás natural previsto para as usinas existentes de ciclo simples, conforme contrato existente de fornecimento de gás natural, para fins de comparação com a situação atual; ou seja, geração de energia elétrica com as usinas de ciclo simples versus usinas de ciclo combinado. As Tabelas III e IV apresentam o desempenho da configuração do parque térmico existente (usinas de ciclo simples) e a configuração do parque térmico proposto (incluindo uma usina nova com turbinas a gás em ciclo combinado), respectivamente.



TABELA III- DESEMPENHO DAS USINAS A GÁS NATURAL INSTALADAS NA CIDADE DE MANAUS – CENÁRIO 2012

Usina	Potência Nominal		Consumo Médio de Gás Previsto (m <sup>3</sup> /dia)	Heat – Rate (m <sup>3</sup> /MWh)
	Ciclo Simples	Ciclo Combinado		
UTE MAUÁ BLOCO III	110 MW 2 TG's x 55 MW	-	920.000	323
UTE APARECIDA	160 MW 4 TG's x 40 MW	-	880.000	254
UTE CRISTIANO ROCHA (PIE)	65 MW	-	400.00	247
UTE JARAQUI (PIE)	60 MW	-	400.00	247
UTE MANAUARA (PIE)	60 MW	-	400.00	249
UTE PONTA NEGRA (PIE)	60 MW	-	400.00	246
UTE TAMBAQUI (PIE)	60 MW	-	400.00	247
<b>TOTAL</b>	<b>575 MW</b>		<b>3.800.000</b>	<b>275</b>

A Tabela IV apresenta a proposta de uma nova usina de ciclo combinado de 568,5 MW de potência nominal a ser instalada na área física do atual complexo termelétrico do Mauá, que já possui toda a infraestrutura necessária para a instalação de uma usina desse porte, inclusive com a facilidade técnica de um sistema de transmissão para a conexão elétrica da usina.

Assim, os valores encontrados nas Tabelas III e IV indicam ser muito vantajoso, do ponto de vista econômico e de eficiência energética, a substituição da usina térmica existente no Mauá, de 110 MW, de ciclo simples, que utiliza gás natural para geração de energia, por uma nova planta do porte de 500 a 600 MW de potência nominal instalada, com turbinas a gás em ciclo combinado. Para efeito de estudo, será considerado, como exemplo o conjunto modelo 2W.501F do fabricante SIEMENS, com potência nominal total de 568,5 MW, sendo duas TGs de 180,75 MW cada e uma TV de 207 MW [10].

No cálculo elaborado constata-se que a eficiência energética da usina proposta de ciclo combinado é mais que o dobro da usina térmica existente, de ciclo simples (UTE Mauá – Bloco III), pois o consumo para gerar a mesma quantidade de energia é de 146 m<sup>3</sup>/MWh para a usina de ciclo combinado proposta, e 323 m<sup>3</sup>/MWh para a usina de ciclo simples existente em Mauá; justificando, dessa forma, a implantação de uma nova usina em substituição a usina Mauá atualmente instalada na área do complexo termelétrico de Mauá.

TABELA IV – PROPOSTA DE UMA NOVA CONFIGURAÇÃO PARA A GERAÇÃO TÉRMICA A GÁS NATURAL PARA A CIDADE DE MANAUS

Usina	Potência Nominal		Consumo Médio de Gás Previsto (m <sup>3</sup> /dia)	Heat – Rate (m <sup>3</sup> /MWh)
	Ciclo Simples	Ciclo Combinado		
UTE MAUÁ (Usina Proposta)	-	568,5 MW 2 TG's x 180,75 MW + 1 TV x 207 MW	2.000.000	146
UTE APARECIDA	160 MW 4 TG's x 40 MW	-	880.000	247
UTE CRISTIANO ROCHA (PIE)	65 MW	-	400.00	247
UTE JARAQUI (PIE)	60 MW	-	400.00	249
UTE MANAUARA (PIE)	60 MW	-	400.00	246
UTE PONTA NEGRA (PIE)	60 MW	-	400.00	247
UTE TAMBAQUI (PIE)	60 MW	-	400.00	247
<b>TOTAL</b>		<b>1.033,50 MW</b>	<b>4.880.000</b>	<b>197</b>

Quanto ao custo de instalação dessa usina térmica em ciclo combinado, e verificando os custos base estabelecidos atualmente, nota-se que os custos unitários de plantas de ciclo combinado, com a inclusão de outros equipamentos e tecnologias, como unidades de recuperação de calor e turbinas a vapor, os custos são da ordem de US\$ 1000/ kW instalado para uma usina do porte de 500 a 600 MW, e tempo de construção da ordem de 36 meses [11].

Assim, o custo projetado para uma usina de ciclo combinado de 568,5 MW de potência nominal instalada seria da ordem de US\$ 570 milhões, em torno de R\$ 1,0 bilhão, equivalente a apenas um ano de custo evitado com a substituição dos óleos combustíveis derivados de petróleo pelo gás natural na geração de energia elétrica do parque térmico existente na cidade de Manaus [12], conforme apresentado na Tabela II.

#### 4 CONCLUSÃO

Considerando as análises apresentadas no estudo, é demonstrado que haverá uma redução expressiva, de imediato, dos custos no processo de geração de energia elétrica na cidade Manaus com a substituição de óleos combustíveis derivados de petróleo pelo energético gás natural da província petrolífera de Urucu, na bacia do Solimões – município de Coari (AM).

Essa redução sinaliza um custo evitado para o parque térmico, que foi convertido para utilizar o gás natural como combustível, da ordem de R\$ 1,0 bilhão por ano (US\$ 529 milhões), projetando uma

economia para o horizonte de vigência do contrato de fornecimento de gás natural entre a concessionária de energia elétrica e a Companhia de Gás do Estado do Amazonas – CIGÁS em torno de R\$ 19,0 bilhões (US\$ 10 bilhões) para o período de janeiro de 2012 a dezembro de 2030, que é uma expressiva vantagem econômica para o setor de energia do estado do Amazonas e para toda a sociedade brasileira que subsidia a geração de energia com combustíveis fósseis do setor elétrico brasileiro, através da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis – CCC.

O estudo comprova também que há espaço para a otimização dos recursos do energético gás natural, à luz do contrato firmado entre as empresas Amazonas Energia e CIGÁS, quanto ao melhor aproveitamento do volume de gás contratado, que é de 4,8 milhões de m<sup>3</sup>/dia para a geração de energia elétrica na cidade de Manaus.

Dessa forma, foi estudada uma alternativa visando à melhor utilização do volume total de gás natural contratado sob os já citados regimes “*take-or-pay*” e “*ship-or-pay*”, onde foi apresentada uma proposta de configuração típica de usina termelétrica – UTE a ciclo combinado do porte de 568,5 MW de potência nominal, com um conjunto selecionado, para efeito de estudo, de duas turbinas a gás de 180,5 MW cada uma e uma turbina a vapor de 207 MW (consumo da planta da ordem de 146 m<sup>3</sup>/MWh) em substituição a UTE a ciclo simples existente no parque térmico do Mauá (potência nominal de 110 MW), que foi convertida para utilizar o gás natural, porém com baixo rendimento energético (consumo da ordem de 323 m<sup>3</sup>/MWh), conforme parâmetros apresentados durante o desenvolvimento desse trabalho.

Assim, comparando-se a situação atual com a situação proposta, a alternativa estudada comprova um melhor aproveitamento energético do gás natural para a geração de energia elétrica na cidade de Manaus, que sinaliza a possibilidade de, com o mesmo volume de gás contratado (4,8 milhões de m<sup>3</sup>/dia), ser possível ter um ganho na capacidade nominal de geração com gás natural de 575 MW para 1033,5 MW, indicando um aumento da ordem 80% na capacidade do sistema de geração térmica a gás natural instalada atualmente; bem como uma maior eficiência energética média desse sistema de geração, passando de uma projeção de consumo médio da ordem de 275 m<sup>3</sup>/MWh para 197 m<sup>3</sup>/MWh.

## NOMENCLATURAS

AmE – Amazonas Energia. CIGÁS – Companhia de Gás do Estado do Amazonas. Eletrobras – Centrais Elétricas Brasileiras. GTON – Grupo Técnico Operacional da Região Norte. PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A. OC-1A – Óleo Combustível. OLPTE – Óleo Leve para Turbinas Elétricas. PIEs – Produtores Independentes de Energia. UTEs – Usinas Termelétricas.

**REFERÊNCIAS**

- [1] AMAZONAS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A. “Relatório de Administração 2010,” Manaus - AM, 2010.
- [2] PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A. Notícias. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/noticias/gasoduto-urucu-coari-manaus-mais-energia-para-o-brasil>>. Acesso em: 25 nov. 2011.
- [3] I. L. Sauer, “O Papel do Gás Natural na Matriz Energética e o seu Impacto no Desenvolvimento Sustentável na Amazônia,” Palestra – II Fórum de Debate da Amazônia Ocidental. SUFRAMA, Questão Energética na Amazônia, Manaus - AM, 2003.
- [4] GRUPO TÉCNICO OPERACIONAL DA REGIÃO NORTE – GTON, “Plano de Operação 2011 – Sistemas Isolados”, Fev. 2011.
- [5] PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A. Fatores de Conversão. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br>> Acesso em: 25 nov. 2011.
- [6] COMPANHIA DE GÁS DO ESTADO DO AMAZONAS – CIGÁS. “Contrato de fornecimento de gás natural. Contrato nº OC 1902/2006,” Manaus - AM, 2006.
- [7] BANCO CENTRAL DO BRASIL. Taxas do Dólar. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/batch/taxas.asp?id=txdolar>>. Acesso em: 25 nov. 2011.
- [8] AMAZONAS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A. “Contrato de conversão das unidades geradoras da UTE Mauá. Contrato nº OC 36769/2009,” Manaus - AM, 2009.
- [9] AMAZONAS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A. “Contrato de conversão das unidades geradoras da UTE Aparecida. Contrato nº OC 33141/2009,” Manaus - AM, 2009.
- [10] E. E. S. Lora e M. A. R. Nascimento, “Geração Termelétrica: Planejamento, Projeto e Operação.” Vol. 2. Rio de Janeiro: Interciência, 2004, p. 719.
- [11] J.F. Carvalho, I. L. Sauer, “Does Brazil need new nuclear power plants?” 2009 Energy Policy, doi: 10.1016/j.enpol.2008.12.020.
- [12] W. M. Frota, “Análise econômica da introdução do gás natural na matriz elétrica da cidade de Manaus – estado do Amazonas,” Msc. dissertação, PPG-ENGRAM, Universidade Federal do Amazonas, 2011.