

DOSSIÊ TÉCNICO

Conversão de equipamentos residenciais a gás

**Leandro Eduardo de Assis
Frederico Salomão Hackbart**

SENAI-RS

**Centro de Educação Profissional SENAI
Nilo Bettanin**

**Novembro
2006**



Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

DOSSIÊ TÉCNICO



Sumário

1 INTRODUÇÃO	4
2 OBJETIVO	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Gás natural	5
3.2 Condições normais de temperatura e pressão (CNTP)	7
3.3 Equação dos gases perfeitos	8
3.4 Reação de combustão	9
3.5 Poder calorífico	10
3.5.1 Poder Calorífico Inferior – PCI	10
3.5.2 Poder Calorífico Superior – PCS	10
3.6 Quantidade de calor gerado	10
3.7 Análise dos gases da combustão	11
3.7.1 Função do analisador	11
4 SEGURANÇA E QUALIDADE NA CONVERSÃO	12
4.1 Asfixia por insuficiência de O₂ e alta concentração de CO₂	12
4.2 Monóxido de Carbono (CO)	12
5 CONVERSÃO DE FORNOS E FOGÕES	12
5.1 Categoria e classe de aparelhos	13
5.2 Fogões e seus principais acessórios	13
5.2.1 Registros	14
5.2.2 Mangueiras	15
5.2.3 Dispositivo de regulagem de ar primário	16
5.2.4 Injetores e coeficientes de descarga de orifícios	16
5.3 Etapas da conversão em fornos e fogões a gás	18
5.3.1 Preparação dos aparelhos	18
5.3.2 Substituição dos injetores da mesa	19
5.3.3 Substituição dos registros de Gás	19
5.3.4 Substituição da usina de ignição	20
5.3.5 Substituição de injetores do Forno	20
5.3.6 Particularidades quanto à estanqueidade	20
5.4 Avaliação do desempenho e segurança da conversão	20
5.4.1 Índices mínimos de eficiência energética para fornos e fogões	20
5.4.2 Análise dos gases da combustão	21
6 LINHA DE AQUECEDORES DE ÁGUA A GÁS	22
6.1 Tipos de aquecedores de água a gás	22
6.2 Aquecedores de água a gás tipo instantâneo	22
6.2.1 Componentes básicos de aquecedores de passagem	23
6.2.2 Modo de funcionamento	24
6.3 Aquecedores de água a gás tipo acumulação	24
6.3.1 Componentes básicos dos aquecedores de acumulação	25
6.3.2 Modo de funcionamento	26
6.4 Etapas da conversão de aquecedores de água a gás	27
6.4.1 Conversão de aquecedores de água a gás tipo instantâneo	27
6.4.2 Conversão de aquecedores de água a gás tipo acumulação	28
6.5 Avaliação do desempenho e segurança da conversão	28
6.5.1 Estanqueidade	28
6.5.2 Potência nominal	28
6.5.3 Característica higiênica (emissão de gases da combustão)	28

6.5.4 Rendimento.....	29
6.5.5 Temperatura da capa e dos controles	29
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	29
REFERÊNCIAS	29

	<h1>DOSSIÊ TÉCNICO</h1>	
---	-------------------------	---

Título

Conversão de equipamentos residenciais a gás

Assunto

Fabricação de fornos industriais, aparelhos e equipamentos não-elétricos para instalações térmicas, peças e acessórios

Resumo

Com a tendência de disponibilização do gás natural (GN) para os setores residencial, comercial e industrial, as instalações e os equipamentos a gás necessitaram de adequações para funcionarem com este “novo” combustível. Para tanto, as instalações e os equipamentos residenciais (fogões e aquecedores) precisam ser convertidos para o uso deste gás. Uma conversão consiste em redimensionar as tubulações de distribuição e substituir alguns acessórios destes equipamentos tais como: injetores, registros de gás e fontes de ignição, bem como ajustes na pressão de alimentação. Após a conversão, estes equipamentos devem apresentar os índices de eficiência energética estabelecidos pelo Ministério de Minas e Energia atendendo a regulamentações específicas para este setor. Além do atendimento a prerrogativa da eficiência energética é necessário garantir que os níveis de emissão de poluentes estejam abaixo dos valores prejudiciais à saúde e segurança dos usuários. Num mundo em que, cada vez mais, as atenções estão voltadas para a preservação do meio ambiente, o gás natural apresenta versatilidade e economia suficientes para salvaguardar seu lugar estratégico como alternativa energética no mundo atual.

Palavras-chave

Análise de gás; aquecedor a gás; eficiência energética; fogão; forno a gás; gás liquefeito do petróleo; gás natural; GLP; GN; legislação; lei

Conteúdo

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o gás liquefeito do petróleo (GLP) é o combustível doméstico que mais vem sendo substituído pelo gás natural (GN). Além de razões econômicas, evidentes em casos de substituição de chuveiros e boilers elétricos, há um elenco de outras vantagens imediatas como fornecimento contínuo, maior segurança operacional, pagamento após o consumo, liberação de espaço, ausência de tráfego de veículos para abastecimento, e outras não tão visíveis, como menor contribuição à poluição atmosférica e ao aquecimento global.

Desta forma, cada vez mais funções são atribuídas ao gás natural nas residências e no comércio. O conforto e a conveniência do gás natural residencial fazem deste segmento de mercado um dos mais atrativos para as distribuidoras, que seguem expandindo suas redes de distribuição.

Juntamente como a expansão do mercado, surge à necessidade de se terem profissionais especializados para trabalharem na conversão destes equipamentos para funcionarem com

este combustível. Além da conversão é necessário que se alcancem os níveis mínimos de eficiência energética, em atendimento a política nacional de conservação e uso racional de energia.

Os índices de emissão de poluentes, ou seja, os produtos da combustão devem atender as legislações específicas aplicadas ao uso residencial, visando garantir a integridade de seus usuários. Neste sentido serão abordadas as atividades ligadas à conversão de equipamentos residenciais a gás, os requisitos de segurança, qualidade e eficiência energética requeridos neste ramo de atividade.

2 OBJETIVO

Este Dossiê tem como objetivo abordar as atividades ligadas à conversão de equipamentos residenciais a gás e apresentar a regulamentação específica que define os índices mínimos de eficiência energética e segurança para estes equipamentos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo fará uma breve revisão da bibliografia para melhor compreensão dos tópicos relacionados à combustão e conversão de equipamentos, bem como a segurança e qualidade necessárias a estas atividades.

3.1 Gás natural

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos, dentre os quais se destacam o metano, o etano e o propano, resultantes da degradação de matéria orgânica por bactérias anaeróbicas e pela elevação da temperatura e pressão da crosta terrestre.

Embora o metano tenha uma participação mais efetiva em sua composição, existem variações em função de fatores naturais que determinam o processo de formação e as condições de acúmulo no reservatório.

Este acúmulo de gás natural se dá em rochas porosas no subsolo e muitas vezes está acompanhado com petróleo. Neste caso, ele pode ou não estar associado ao petróleo, isto é, dissolvido ou formando uma capa de gás livre, acima do reservatório de óleo. A matéria orgânica responsável pela formação do gás tem origem vegetal e animal. No primeiro caso, também é conhecida como querogêneo seco, e no segundo, querogêneo gorduroso.

Durante milhares de anos, o querogêneo seco foi alcançando grandes profundidades na crosta terrestre, ao mesmo tempo em que sofria um processo gradual de cozimento transformando-se em linhito, carvão negro, antracito, xisto carbonífero e metano, originando as reservas de carvão do planeta.

A transformação da matéria orgânica animal ou querogêneo gorduroso não sofreu o processo de cozimento e deu origem ao petróleo. Nos últimos estágios de degradação do querogêneo gorduroso, o petróleo apresenta-se como condensado volátil associado a hidrocarbonetos gasosos com predominância de metano (FIG.1). Por esta razão é muito comum encontrar-se reservas de petróleo e gás natural associados. Assim, o gás natural como encontrado na natureza é uma mistura variada de hidrocarbonetos gasosos cujo componente preponderante é sempre o metano. O gás natural não associado apresenta os maiores teores de metano, enquanto o gás natural associado apresenta proporções mais significativas de etano, propano, butano e hidrocarbonetos mais pesados. A Tabela 1 apresenta uma comparação entre os tipos de gás natural. A Tabela 2 apresenta as especificações do gás natural definida pela Portaria ANP nº104 de 8 de julho 2002.

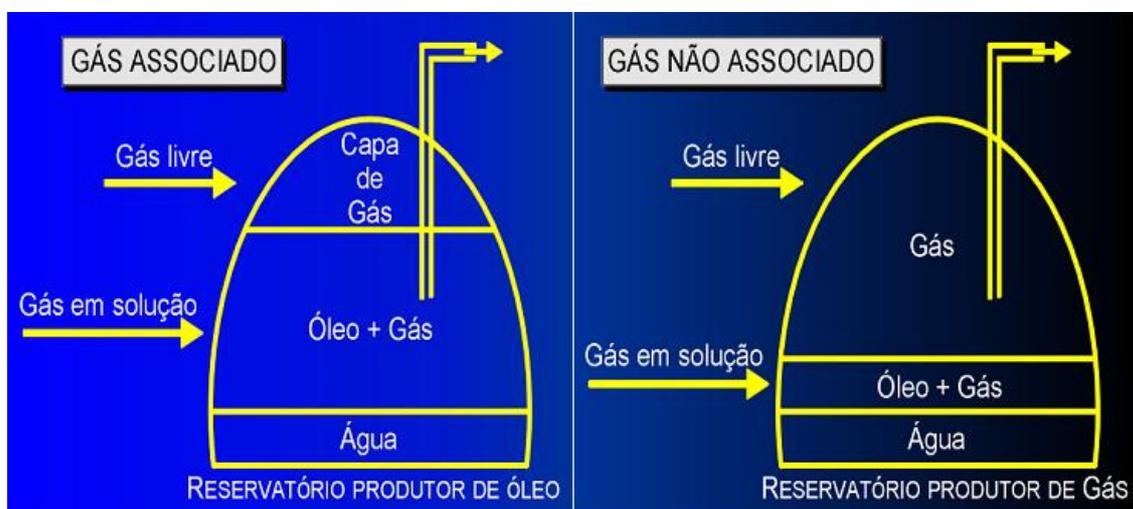


Figura 1: Gás associado e não associado.
 Fonte: Cardoso (2005)

Tabela 1: Composições do GN bruto associado, não-associado e GN processado

Elementos	Associado ¹	Não-associado ²	Processado ³
Metano	81,57	85,48	88,56
Etano	9,17	8,26	9,17
Propano	5,13	3,06	0,42
I-Butano	0,94	0,47	-
N-Butano	1,45	0,85	-
I-Pentano	0,26	0,20	-
N-Pentano	0,30	0,24	-
Hexano	0,15	0,21	-
Heptano e Superiores	0,12	0,06	-
Nitrogênio	0,52	0,53	1,20
Dióxido de Carbono	0,39	0,64	0,65
Total	100	100	100

¹ Gás do campo de Garoupa, Bacia de Campos.

² Gás do campo de Miranga, Bahia.

³ Saída da UPGN - Candeias, Bahia.

Fonte: Gás Energia (2005)

Tabela 2: Especificações do GN pela Portaria ANP nº104 de 8 julho 2002.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE			MÉTODO	
		Norte	Nordeste	Sul, Sudeste, Centro- Oeste	ASTM	ISO
Poder Calorífico Superior ⁽³⁾	kJ/m ³ kWh/ m ³	34.000 a	35.000 a 42.000		D3588	6976
		38.400 9,47 a 10,67	9,72 a 11,67			
Índice de Wobbe	kJ/m ³	40.500 a 45.000	46.500 a 52.500		-	6976
Metano – min.	% vol.	68,0	86,0		D1945	6974
Etano – máx.	% vol.	12,0	10,0			
Propano – Max.	% vol.	3,0				
Butano e outros pesados – Max.	% vol.	1,5				
Oxigênio – Max.	% vol.	0,8	0,5			
Inertes (N ₂ + CO ₂)Max	% vol.	18,0	5,0	4,0		
Nitrogênio – max.	% vol.	-	2,0			
Enxofre total – max.	mg/m ³	70			D5504	6326-5
Gás Sulfídrico – max.	mg/m ³	10,0	15,0	10,0	D5504	6326-3
Hidrocarbonetos líquidos	mg/m ³	-			-	6570
Ponto de orvalho de água a 1 atm – max.	°C	- 39	- 39	- 45	D5454	-

Modificado de: Agência Nacional do Petróleo (2005)

Muitas vezes ocorre a presença de ácido sulfídrico (H₂S), dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N₂) e também o hélio (He). Junto com estes gases, vem também vapor de água e poluentes na forma de sólidos particulados. Após a extração dos reservatórios, o GN bruto é processado nas UPGN (Unidades de Processamento de Gás Natural), sendo então transportado para o consumo dentro das especificações da ANP (Agência Nacional do Petróleo). Fórmulas químicas dos principais componentes: (Metano – CH₄ e Etano – C₂H₆).

Como o gás natural não possui cheiro é adicionada uma quantidade pequena de uma substância chamada mercaptana, que confere ao gás um forte odor, para identificar a ocorrência de vazamento. Na composição do gás natural não existem substâncias nocivas à saúde, exceto quando a quantidade de gás sulfídrico supera os valores estabelecidos por norma (29 mg/m³ para o Brasil). O gás natural deve estar tecnicamente isento, ou seja, não deve haver traços visíveis de partículas sólidas e partículas líquidas.

3.2 Condições normais de temperatura e pressão (CNTP)

O volume de um gás pode ter qualquer valor positivo dependendo da sua temperatura, pressão e quantidade de matéria. Desse modo, só podemos comparar quantidades de gases através dos seus volumes se a temperatura e a pressão forem às mesmas. Para isso convencionaram-

se valores fixos para essas variáveis, que foram chamadas condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Tais valores são:

- CNTP – Condições Normais de Temperatura e Pressão.
Temperatura = 273,15 K (0 °C)
Pressão = 101 325 Pa (1 atm padrão)
- CNTP atual – Condição Normal de Temperatura e Pressão atuais e que devem ser utilizados.
Temperatura = 273,15 K (0 °C)
Pressão = 100 000 Pa (0,987 atm)
- SC – Standard Conditions. São usadas na indústria americana do Petróleo e Gás Natural e são bastante difundidas em livros e artigos.
Temperatura = 60 °F (15,556 °C)
Pressão = 14,7 psi (1 atm padrão)
- BR ou PETROBRAS – É uma condição de estado-padrão utilizada por algumas indústrias brasileiras, principalmente a Petrobrás.
Temperatura = 293,15 K (20 °C)
Pressão = 101 325 Pa (1 atm padrão)

Se além das CNTP ainda fixarmos a quantidade de matéria de uma amostra de gás em 1 mol, o seu volume ficará determinado. Assim, se medirmos o volume de 1 mol de gás nas CNTP encontraremos sempre o mesmo valor que se verificou experimentalmente, 22,4 L (conseqüência do princípio de Avogadro).

3.3 Equação dos gases perfeitos

Veremos a seguir uma equação que, além da pressão, volume e temperatura, inclui a relação com uma quarta variável, a quantidade de matéria (n). Para isso, consideremos 1 mol de um gás qualquer nas CNTP, passando para um outro estado qualquer de pressão, volume e temperatura. É válida, então, a equação geral dos gases:

$$\frac{PV}{T} = \frac{1\text{atm} \times 22,4\text{L}}{273\text{K}} = 0,082 \cdot \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K}}$$

Esse valor se refere a 1 mol do gás. No caso de 2 mols, teremos 2 x 0,082; para 3 mols, obtemos 3 x 0,082 etc. Assim, para n mols resulta n x 0,082, que, substituído na última equação, fornece:

$$\frac{PV}{T} = n \cdot 0,082 \quad \text{ou} \quad PV = n \cdot 0,082 \cdot T$$

Esse valor 0,082 é sempre uma constante indicada pela letra R, chamada constante universal dos gases perfeitos.

Introduzindo R na última equação, resulta:

$$PV = n \cdot R \cdot T \quad \text{eq. (01)}$$

Que é chamada de equação dos gases perfeitos.

mas, sendo $n = m/M$, obtemos:

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

Onde:

m = massa do gás em gramas e;

M = massa molar do gás.

3.4 Reação de combustão

A combustão consiste em uma reação química entre o combustível e o oxigênio (geralmente proveniente do ar atmosférico), que resulta em gases de exaustão e liberação de grande quantidade de calor, o que caracteriza uma reação exotérmica. Para ocorrer uma reação de combustão, além do combustível e do oxigênio, é necessária uma quantidade inicial de energia, que chamamos de energia de ativação.

A quantidade de calor é a energia que se quer aproveitar dos combustíveis fósseis para ser usada pelo homem nas suas necessidades básicas e no seu desenvolvimento. A reação de combustão de um combustível fóssil (óleo combustível, diesel, gás natural, etc.) visa à geração de energia térmica e geram subprodutos, como dióxido de carbono, água, nitrogênio e luz. Numa demonstração básica deste processo, apresenta-se a seguir a queima do gás metano (CH₄), com uma composição de aproximadamente 89% do gás natural.



A característica principal de uma reação exotérmica é que o estado energético dos reagentes é maior que o estado energético dos produtos, como está ilustrado na Figura 2. Observa-se através do gráfico que os reagentes, no caso, a mistura reacional entre combustível e comburente, estão em um nível energético acima daquele dos produtos, que são os gases oriundos da combustão (CO, CO₂ e H₂O). A Tabela 3 apresenta os calores de combustão para diversos compostos.

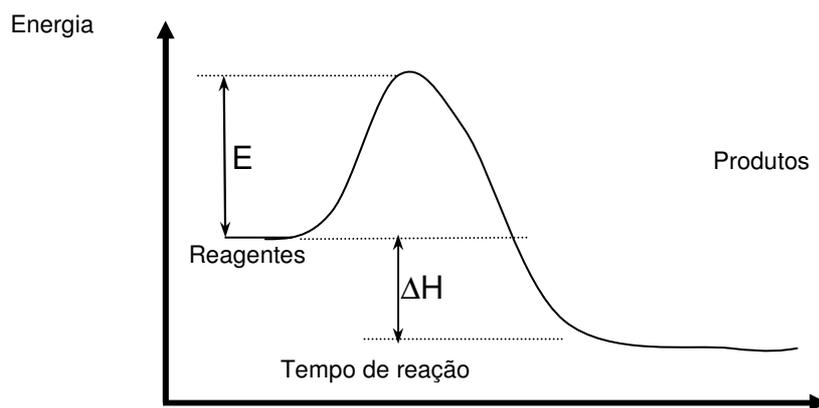


Figura 2: Gráfico de energia versus tempo de reação.

Fonte: Paunescu (2003)

Tabela 3: Calores de combustão para diversos compostos

Nome	Estado físico nas condições ambientes	Fórmula	ΔH_{comb} a 298 K (kcal/mol)
Metano	Gás	CH ₄	-191,6977
Etileno	Gás	C ₂ H ₄	-315,9931
Etano	Gás	C ₂ H ₆	-341,2152
Propeno	Gás	C ₃ H ₆	-
Propano	Gás	C ₃ H ₈	-487,9861
Buteno	Gás	C ₄ H ₈	-
Butano	Gás	C ₄ H ₁₀	-634,6852
Metanol	Líquido	CH ₃ OH	-152,4315
Etanol	Líquido	C ₂ H ₅ OH	-294,9747
Tolueno	Líquido	C ₇ H ₈	-891,8506
Benzeno	Líquido	C ₆ H ₆	-749,0207

Fonte: PERRY, H. Robert; GREEN, Don W.

3.5 Poder calorífico

3.5.1 Poder Calorífico Inferior – PCI

Como se sabe pela prática no dia a dia, a temperatura dos gases de combustão que provêm da queima do combustível está a uma temperatura superior à temperatura de saturação do vapor d'água à pressão atmosférica, e portanto este vapor encontra-se superaquecido. O calor latente de vaporização e o calor sensível de superaquecimento do vapor são expelidos junto com os gases de combustão, sendo desperdiçadas estas quantidades de calor. Este é o poder calorífico inferior.

3.5.2 Poder Calorífico Superior – PCS

Quando o vapor d'água condensa-se, ou seja, a água proveniente da combustão encontra-se na forma líquida, o calor que estava acumulado no vapor superaquecido, o calor latente de vaporização e o calor sensível que estava acumulado na água até a temperatura de 25 °C são somados ao calor da combustão e temos então o que se chama de poder calorífico superior.

O poder calorífico de um combustível varia principalmente de acordo com a composição do combustível e geralmente trabalha-se com o PCI. O poder calorífico pode ser expresso tomando-se por base uma massa unitária (kg) ou um volume unitário (m³). Quando se trabalha com gases, para que suas propriedades possam ser calculadas, é necessário que estados-padrão de temperatura e pressão sejam definidos (Ver seção condições normais de temperatura e pressão - CNTP).

3.6 Quantidade de calor gerado

É razoável pensarmos que a quantidade de calor gerada na combustão depende da quantidade de gás queimado. Então, podemos concluir que a potência térmica ou taxa de calor gerado **Pot'** (quantidade de calor gerada por unidade de tempo) é diretamente proporcional à quantidade de matéria queimada (representado pela vazão molar **n'**, mássica **m'**, ou volumétrica **Q'**) e ao calor de combustão ou poder calorífico do combustível **Pc** (calor liberado na combustão):

$$Pot' \left(\frac{kcal}{h} \right) = n' \left(\frac{mol}{h} \right) \times Pc \left(\frac{kcal}{mol} \right) \quad \text{eq. (03)}$$

$$Pot' \left(\frac{kcal}{h} \right) = m' \left(\frac{kg}{h} \right) \times Pc \left(\frac{kcal}{kg} \right) \quad \text{eq. (04)}$$

$$Pot' \left(\frac{kcal}{h} \right) = Q' \left(\frac{m^3}{h} \right) \times Pc \left(\frac{kcal}{m^3} \right) \quad \text{eq. (05)}$$

A partir dessas equações, conhecida a potência térmica exigida de um equipamento, pode-se determinar facilmente a vazão de combustível necessária:

$$Q' = Pot' / Pc \quad \text{eq. (06)}$$

Seja, por exemplo, um equipamento cuja potência **P'** é de 250.000 kcal/h. Se o combustível usado for gás natural, cujo Poder Calorífico **Pc** é aproximadamente 8.900 Kcal/m³, a vazão **Q'** de GN será:

$$Q' = \frac{250.000 \text{ kcal / h}}{8.900 \text{ kcal / m}^3} = 28 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.7 Análise dos gases da combustão

O modo mais exato de se determinar a composição dos gases da combustão é analisar a eficiência da combustão, tanto qualitativamente quanto quantitativamente. Pode-se realizar uma análise dos gases liberados na combustão através de aparelhos analisadores.

A análise qualitativa é a determinação dos componentes de uma mistura sólida, líquida ou gasosa. A análise quantitativa é a determinação da quantidade de cada componente de uma amostra. Ela é expressa em concentração numa das seguintes unidades: % Vol, g/m³, ppm Vol, ppb Vol.

3.7.1 Função do analisador

O analisador é um equipamento relativamente sofisticado, de operação automática e independente, que tem a finalidade de medir uma ou mais características de uma amostra do processo, que por ele flui continuamente (FIG. 3).

A função dos analisadores é a de fornecer dados para que, através da intervenção do homem ou de controle automático, seja possível:

- Otimizar a eficiência de combustão;
- Manter a segurança das pessoas;
- Melhorar/manter a qualidade de produtos fabricados quando estes dependem dos gases da combustão;
- Reduzir gastos com combustível não consumido;
- Monitorar as condições ambientais.

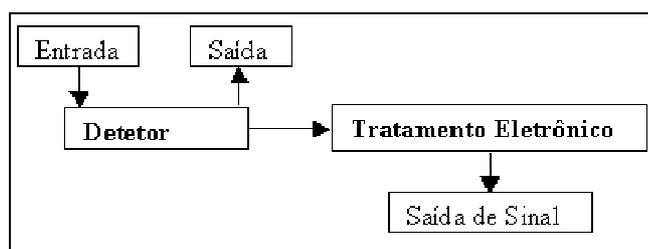


Figura 3: Principais partes do analisador

4 SEGURANÇA E QUALIDADE NA CONVERSÃO

Os equipamentos comerciais e residenciais a gás natural em sua maioria operam em baixas pressões. Neste caso os cuidados principais estão relacionados com a correta utilização do equipamento, principalmente com relação à não ocorrência de vazamentos e a queima adequada através da combustão completa, e a devida ventilação do ambiente.

A seguir abordaremos aspectos relevantes associados ao processo de queima em equipamentos residenciais.

4.1 Asfixia por Insuficiência de O₂ e alta concentração de CO₂

Na queima ocorre o consumo de oxigênio e a formação de dióxido de carbono como um dos produtos principais da combustão. Assim é de extrema importância a ventilação dos ambientes para evitar a asfixia pela redução da concentração de oxigênio.

O dióxido de carbono é um gás asfixiante com efeitos devido à redução da concentração de oxigênio. Ele também afeta a circulação e a respiração. Concentrações moderadas podem causar dor de cabeça, sonolência, ardência no nariz e garganta, excitação, aumento da respiração, excesso de salivação, vômitos e inconsciência. Em concentrações mais altas, causa rápida insuficiência circulatória, podendo levar a coma e morte. Os sintomas em humanos em função da concentração de CO₂ são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Efeitos CO₂ no ser humano em função de sua concentração

Efeito	Concentração
A taxa de respiração aumenta levemente.	1%
A taxa de respiração aumenta em 50% acima do nível normal. Exposição prolongada causa dor de cabeça e fadiga.	2%
A taxa de respiração aumenta duas vezes acima da normal e se torna difícil. Efeito narcótico suave. Prejudica a audição, causa dor de cabeça, aumento da pressão sanguínea e da taxa de pulsação.	3%
A taxa de respiração aumenta a aproximadamente 4 vezes acima do normal, sintomas de intoxicação se tornam evidentes, e um leve sufocamento pode ser sentido.	4 – 5%
Considerável odor pungente. Respiração muito difícil, dor de cabeça, confusão visual, e zumbido nos ouvidos. Pode ser prejudicial, seguido por perda da consciência.	5 – 10%
A inconsciência ocorre mais rapidamente acima de 10%. Exposições prolongadas a altas concentrações podem resultar em morte por asfixia.	50 – 100%

4.2 Monóxido de Carbono (CO)

O gás natural não é tóxico, mas sua combustão parcial pode gerar monóxido de carbono (gás tóxico). O monóxido de carbono (CO) é produto da queima incompleta do gás natural devido à regulagem inadequada do equipamento e não apresenta odor ou coloração.

Em ambientes pequenos e fechados as concentrações de CO podem atingir valores que podem ser nocivos à espécie humana. Por isso é de suma importância uma correta regulagem do equipamento após a conversão. Para a regulagem da chama, após a conversão do equipamento, deve-se evitar que uma chama redutora fique acesa por um grande período de tempo; principalmente em ambientes pequenos. Assim, se o ajuste da chama demorar um tempo considerável, esta regulagem deve ocorrer de forma intermitente: a regulagem deve ser conduzida em períodos curtos de tempo e entre cada período deve-se esperar a dispersão dos produtos da queima.

5 CONVERSÃO DE FORNOS E FOGÕES

5.1 Categoria e classe de aparelhos

Os aparelhos são classificados em categorias de acordo com os gases para os quais foram projetados:

- Categoria I – São os aparelhos projetados exclusivamente para uso com gases de uma única família.
- Categoria II - São os aparelhos projetados para usar gases de duas famílias e pressões de fornecimento fixas.
- Categoria III - São os aparelhos projetados para usar gases de três famílias e pressões de fornecimento fixas.

Os aparelhos também são divididos em três classes (classe I, classe II e classe III) em função de sua construção e forma de montagem nos móveis. Da mesma forma, os aparelhos podem ser projetados para funcionarem com os gases da primeira, segunda ou terceira famílias conforme a Tabela 5. As pressões de ensaio para cada tipo de gás são apresentadas na Tabela 6

Tabela 5: Características dos gases de ensaio

Família	Gases de ensaio	Designação	Composição em volume %	PCS MJ/m ³ (kcal/m ³)	Índice de Wobbe MJ/m ³ (kcal/m ³)	Densidade e relativa de massa (ar = 1)
Primeira Família	Referência e limite de descolamento de chama	G10	H ₂ (36), CH ₄ (28), N ₂ (19), CO ₂ (9), CO (6), C ₂ H ₆ (2)	16,96 (4052)	22,28 (53,22)	0,5796
	Limite de combustão incompleta	G11	H ₂ (31), CH ₄ (32), N ₂ (19), CO ₂ (9), CO (6), C ₂ H ₆ (3)	18,53 (4426)	23,75 (5673)	0,6087
	Limite de retorno de chama	G12	H ₂ (42), CH ₄ (23), N ₂ (19), CO ₂ (9), CO (6), C ₂ H ₆ (1)	15,14 (3616)	20,50 (4896)	0,5456
Segunda Família	Referência e limite de descolamento de chama	G20	CH ₄ (90), N ₂ (2), C ₂ H ₆ (6), C ₃ H ₈ (2)	39,87 (9524)	50,98 (12176)	0,6118
	Limite de combustão incompleta	G21	CH ₄ (86), N ₂ (1), C ₂ H ₆ (6), C ₃ H ₈ (7)	43,09 (10292)	53,18 (12702)	0,6565
	Limite de retorno de chama	G22	H ₂ (10), CH ₄ (82), C ₂ H ₆ (5), C ₃ H ₈ (3)	38,33 (9154)	51,23 (12237)	0,5597
Terceira Família	Referência e limite de combustão incompleta	G30	C ₄ H ₁₀ (100)	126,21 (30144)	87,54 (20908)	2,0788
	Limite de descolamento de chama	G31	C ₃ H ₈ (100)	95,65 (22846)	76,84 (18353)	1,5497
	Limite de retorno de chama	G32	C ₃ H ₆ (100)	88,52 (21142)	72,86 (17402)	1,4760

Fonte: ABNT (2003)

Tabela 6: Pressões de ensaio

Natureza dos gases	Pressão nominal kPa	Pressão mínima kPa	Pressão máxima kPa
Primeira Família	0,98	0,39	1,47
Segunda Família	1,96	1,47	2,45
Terceira Família	2,75	1,96	3,46

Fonte: ABNT (2003)

5.2 Fogões e seus principais acessórios

Os fogões de embutir são encaixados em móveis planejados de cozinha e na maioria dos casos ficam suspensos. A grande preocupação deste tipo de fogão se refere à ventilação dentro do móvel. Os fogões de mesa não possuem forno, contento apenas os queimadores da mesa. O Fogão de piso é o modelo mais comum e possui a vantagem de ser facilmente deslocado, facilitando a sua instalação, manutenção e limpeza.

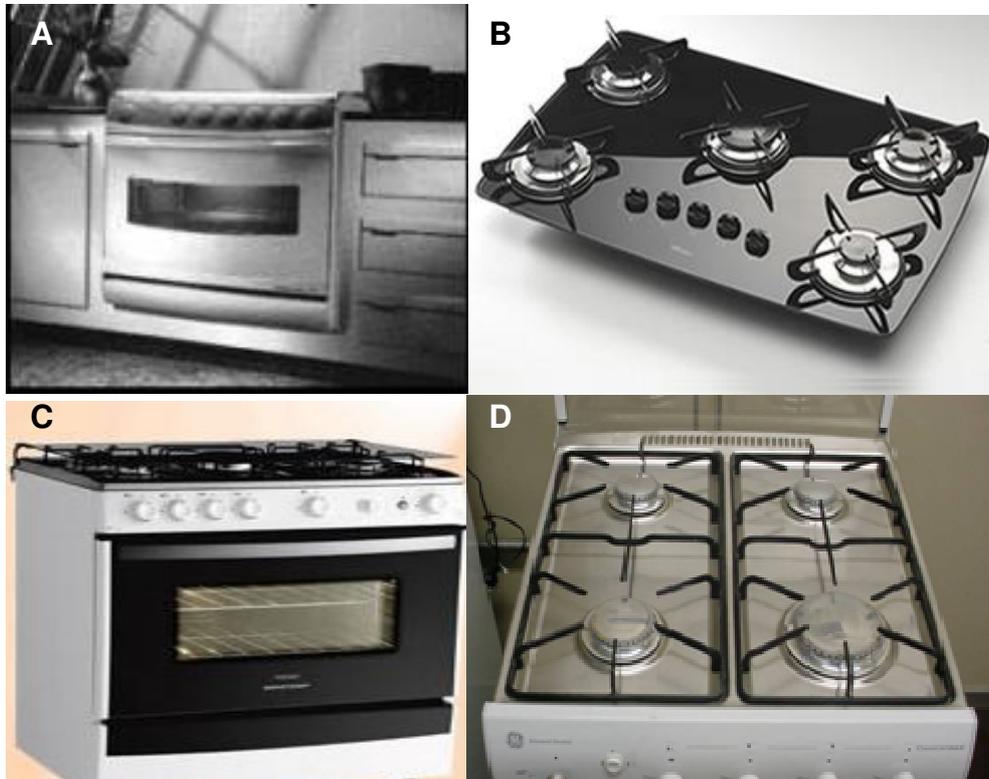


Figura 4: Tipos de fogões a gás. A, fogão de embutir; B, fogão de mesa; C e D, fogão com piso independente

5.2.1 Registros

Estes dispositivos podem ser instalados com rosca BSP ou sob pressão. Os registros de ramais são aqueles instalados no tubo de gás principal do fogão. A Figura 5 apresenta um conjunto de registros montados sob pressão no tubo de gás principal e a Figura 6 mostra alguns registros utilizados em sistemas a gás.



Figura 5: Registros montados sob pressão no tubo de gás principal



Figura 6: Registros utilizados em sistemas a gás. A, registros com rosca BSP; B, registros com montagem sob pressão; C, registro com termopar; D, registro com líquido dilatante.

5.2.2 Mangueiras

Para ligar a instalação de gás ao fogão, deve-se utilizar um tubo flexível metálico com adaptador (FIG. 7) evitando o uso de mangueiras ou tubos plásticos, pois o calor poderá derretê-los e causar vazamentos de gás. Para tornar mais seguro a instalação do tubo, deve-se obedecer às recomendações da norma ABNT NBR 14177 (ABNT, 1998). O tubo flexível metálico não pode ser dobrado em curvatura muito acentuada de maneira a evitar possíveis danos.



Figura 7: Tubo flexível metálico com adaptador.

5.2.3 Dispositivo de regulagem de ar primário

Existem alguns modelos de fogões que utilizam um tubo venturi para auxiliar o processo de mistura do ar primário e do gás expelido pelo injetor antes de ocorrer à combustão. O venturi é utilizado com freqüência em diversos modelos de fogões para os queimadores do forno, para auxiliar na homogeneização da mistura ar/gás.

Os queimadores de mesa utilizam apenas uma abertura pela qual o ar primário é succionado pelo gás que escoo com alta velocidade. Esta abertura pode ser regulada por meio de um dispositivo simples, possibilitando um volume adequado de ar succionado.

A seguir, apresentamos um exemplo de mecanismo utilizado para a mistura de ar primário e gás (FIG. 7), utilizando um registro com injetor e um tubo venturi. Esta disposição é encontrada em alguns modelos de fogões para os queimadores de mesa.

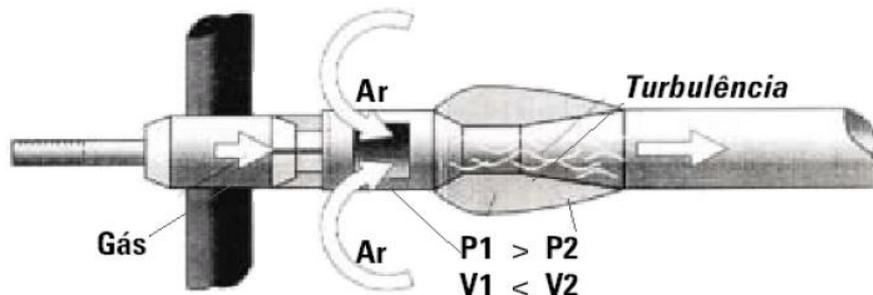


Figura 7: Dispositivo de regulagem de ar primário para o queimador de mesa.

A garganta devido à sua forma aerodinâmica provoca um diferencial de pressão entre a seção de entrada e a seção de saída, ou seja, a pressão na seção de saída é diminuída enquanto que a sua velocidade aumenta. O aumento da velocidade do gás evita o retorno para a seção de entrada. A mistura de ar e gás é conduzida pelo tubo venturi até a câmara, saindo pelos orifícios ou rasgos dos queimadores onde ocorre à combustão.

Alguns fabricantes disponibilizam para os queimadores do forno um regulador de ar primário na extremidade do tubo venturi que deve ser ajustado de maneira a se obter uma combustão adequada livre de inconvenientes tais como: o retrocesso (*flashback*) ou descolamento (*blowoff*) da chama.

5.2.4 Injetores e coeficientes de descarga de orifícios

O injetor é um dispositivo que controla, através de um pequeno orifício, a passagem de gás para o local da queima. O orifício varia de tamanho e geometria (Coeficiente de descarga, C_d) em função do gás a ser utilizado. A seguir (FIG. 8, 9 e 10) apresentamos alguns tipos de injetores orifícios.



Figura 8 : Modelos de injetores e orifícios

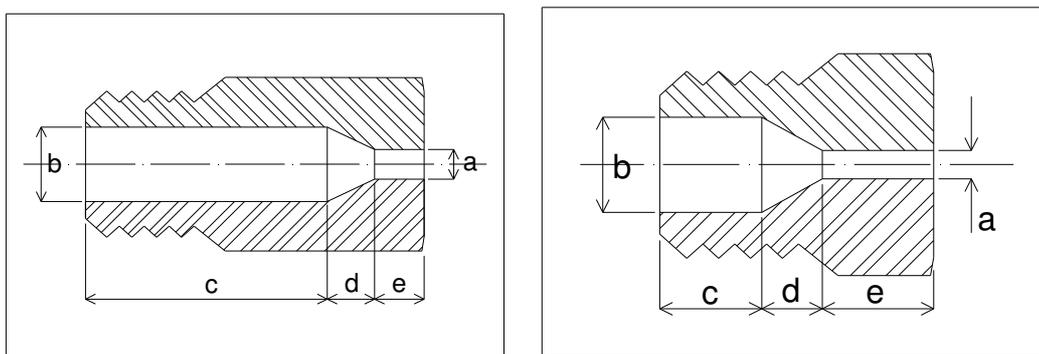


Figura 9: Modelos de Injetores para GLP.

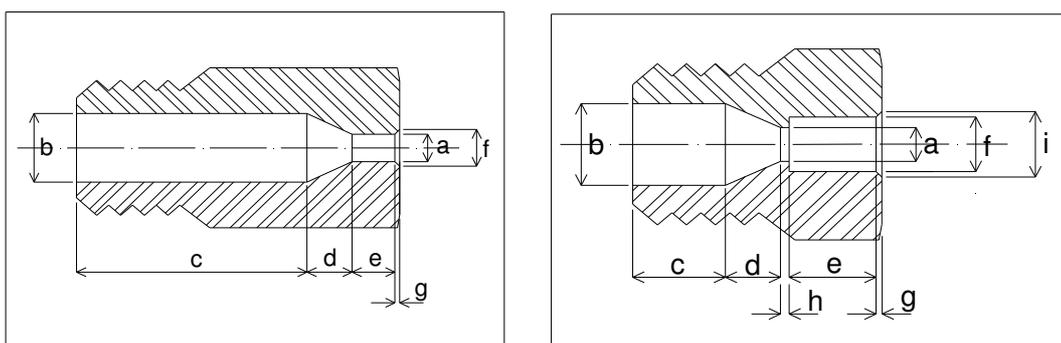


Figura 10: Modelos de injetores para GN.

Os fabricantes utilizam injetores com diferenciados coeficientes de descarga Cd que influenciam diretamente na homogeneização da mistura ar/gás e conseqüentemente na eficiência da combustão. O sucesso da conversão de um equipamento doméstico depende da seleção adequada do diâmetro do injetor bem como do coeficiente de descarga utilizado. A Figura 11 apresenta os coeficientes de descarga conforme o ângulo de convergência de cada tipo de bico.

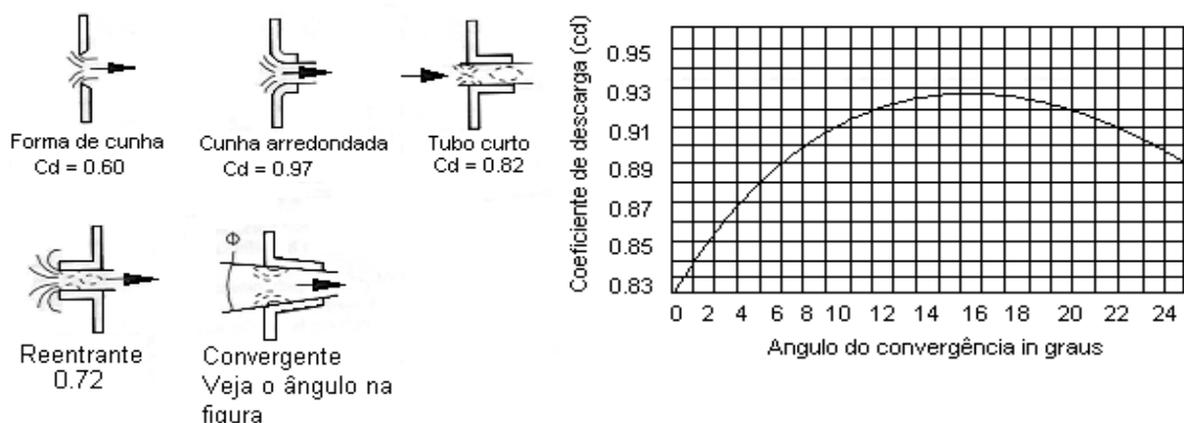


Figura 11: Coeficientes de descarga para variados tipos de orifícios
 Fonte: Eclipse Combustion (1986)

5.3 Etapas da conversão em fornos e fogões a gás

Antes de iniciar a conversão propriamente dita, se faz necessário visitar o cliente e fazer um levantamento das peças necessárias para esta atividade, visto que alguns itens devem ser encomendados com antecedência, para evitar inconvenientes decorrentes da ausência de algumas peças indispensáveis à conversão dos equipamentos.

Esta seção abordará de forma genérica as etapas de conversão de fornos e fogões a gás, abrangendo alguns dos modelos de fogões presentes no mercado. Descreveremos o procedimento básico para a conversão de um fogão de piso independente, podendo ser estendida para fogões similares.

5.3.1 Preparação dos aparelhos

Nas diversas fases da conversão, sempre que possível, deve-se consultar o manual do fabricante, para obtenção de orientações detalhadas quanto à remoção de itens tais como: mesa, queimadores, registros, tubos de gás, entre outros.

Antes de iniciar a desmontagem (FIG. 12 e 13), deve-se fechar o registro de gás e desconectar o aparelho da rede elétrica e da rede de gás. Remover os queimadores, trepes e a tampa da mesa do aparelho, com muita atenção nas tampas de vidro que ficam parafusadas na placa da mesa do aparelho. Em seguida, devem-se remover os manípulos, painel e tomada de gás, colocando-os em ordem para montá-los posteriormente.



Figura 12: Remoção das trepes, queimadores, tampa e mesa



Figura 13: Remoção dos manipuladores, painel e a tomada de gás.

5.3.2 Substituição dos injetores da mesa

Os injetores originais de cada queimador ou registro (a posição depende do tipo de fogão) devem ser removidos e em seguida, trocados por injetores para gás natural (FIG. 14). Informações tais como: Tipos e tamanhos dos injetores normalmente podem ser encontrados nos manuais dos fabricantes. Os diâmetros dos injetores são selecionados em função da potência de cada queimador. Na Figura seguinte ilustramos a remoção dos injetores e registros de GLP e a montagem dos injetores e registros para GN.



Figura 14: Remoção dos injetores e registros de GLP e montagem dos injetores e registros para GN.

No caso de registros montados sob pressão, deve-se verificar o estado dos anéis de vedação e se necessário, providenciar a substituição. A diferença básica entre os injetores para gás natural e GLP é o diâmetro do furo dos injetores. Para o gás natural, o diâmetro do orifício é maior do que o diâmetro do furo dos injetores para GLP, permitindo maior vazão de gás.

5.3.3 Substituição dos registros de Gás

Os registros dos queimadores de gás GLP devem ser substituídos por registros de gás natural, pois os registros para GLP fornecem uma vazão insuficiente se usados para gás natural. OBS: Alguns registros possuem um parafuso que permite a regulagem para diferentes tipos de gases conforme a Figura 15.

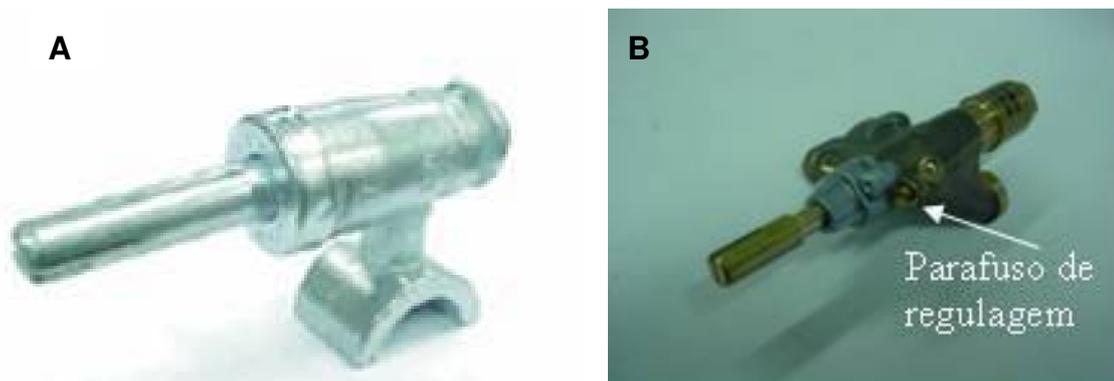


Figura 15: Tipos de registro. A, registro convencional; B, registro multigás

5.3.4 Substituição da usina de ignição

A usina ou ignitor deve ser trocada por uma de maior potência, pois com a modificação do gás de trabalho, há uma maior inércia na ignição da mistura ar-gás (FIG. 16). Desta forma, recomenda-se a utilização de uma usina mais potente para garantir uma rápida ignição da mistura atendendo aos requisitos de segurança e qualidade.

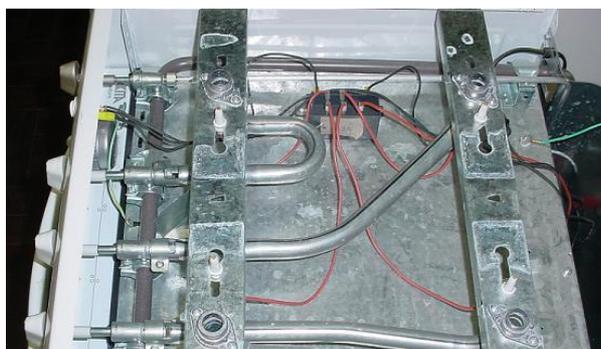


Figura 16: Remoção e substituição da usina.

5.3.5 Substituição de injetores do Forno

Em alguns modelos que possuem forno, para trocar o injetor, deve-se abrir a porta do forno e por debaixo do frontal do fogão (quadro de comandos), podem-se remover os parafusos e desencaixar o queimador. Em seguida, pode-se substituir o injetor convencional por outro para gás natural.

5.3.6 Particularidades quanto a estanqueidade

Nos modelos de registro com rosca BSP, deve-se inspecionar o estado das anilhas, pois a sua condição determina a grau de estanqueidade do sistema. Nos modelos montados a pressão, deve-se lubrificar os anéis de vedação, com vistas a obter uma perfeita vedação.

5.4 Avaliação do desempenho e segurança da conversão

5.4.1 Índices mínimos de eficiência energética para fornos e fogões

Segundo o Ministério de Minas e Energia os índices de eficiência energética a serem utilizados são definidos separadamente para a mesa de cocção e para o forno, como a seguir:

- Para queimadores de mesa

O rendimento, em valor percentual, de um queimador da mesa de cocção é definido como a razão entre a quantidade de energia térmica (calor) efetivamente absorvida pelo conteúdo de um recipiente posicionado sobre o queimador para provocar uma determinada variação positiva da temperatura de seu conteúdo e a quantidade de energia térmica (calor) teoricamente oferecida pela combustão completa do gás em função de seu poder calorífico.

Para mesas de cocção, o índice de eficiência utilizado é o rendimento médio dos queimadores da mesa (bocas), que é o valor da média aritmética dos rendimentos individuais, em valor percentual, dos queimadores da mesa. Para efeito desta regulamentação, consideram-se apenas os queimadores da mesa cuja potência nominal seja igual ou superior a 1,16 kW (1000 kcal/h), calculada sobre o poder calorífico superior do gás utilizado.

- Para fornos

O índice de consumo de fornos é definido como a razão, em valor percentual, entre o valor do consumo de manutenção do forno medido no ensaio e o valor máximo calculado segundo a norma de ensaio para um forno de mesmo volume. Para fornos a gás, o indicador utilizado é o índice de eficiência do forno – I_E , que é o complemento percentual do índice de consumo do forno – I_C , conforme equação a seguir:

$$I_E = 100\% - I_C \quad \text{eq. (07)}$$

Os índices mínimos de eficiência energética a serem atendidos pelas mesas de cocção e pelos fornos são definidos na Tabela 7:

Tabela 7: Índices mínimos de eficiência energética de fogões e fornos.

Componentes	Nº de bocas	Índice de eficiência	Valor mínimo
Mesa de cocção	Uma	Rendimento do queimador único da mesa	54%
	Duas ou mais	Rendimento médio dos queimadores da mesa	56%
Forno	-	Índice de eficiência do Forno (I_E)	33%

Obs. 1: Para fogões com fornos incorporados, devem ser atendidos os índices mínimos, tanto de rendimento dos queimadores da mesa de cocção quanto de eficiência do forno.

Obs. 2: O valor mínimo do índice de eficiência do forno é aplicável tanto para o forno incorporado como componente do fogão quanto para o forno como aparelho separado.

Fonte: Brasil (2007)

5.4.2 Análise dos gases da combustão

A conversão deve ser avaliada através de uma análise dos gases da combustão que é feita para cada um dos queimadores de mesa trabalhando individualmente ou simultaneamente, onde a quantidade de $(CO)_N$ (monóxido de carbono) nos produtos da combustão livre de excesso de ar e vapor de água não deve exceder os valores indicados na NBR 13723-1:2004. Para tanto o aparelho deve ser alimentado com um gás de referência, onde a quantidade de $(CO)_N$ nos produtos da combustão, não deve exceder 0,20% para aparelhos que utilizam gases da terceira família e 0,10% para aparelhos das demais famílias, 15 minutos após a ignição.

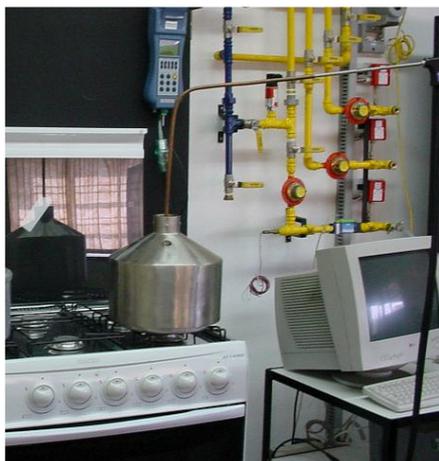


Figura 17: Dispositivo de amostragem para análise dos gases da combustão

6 LINHA DE AQUECEDORES DE ÁGUA A GÁS

6.1 Tipos de aquecedores de água a gás

Os aquecedores de água a gás podem ser classificados em tipos diferentes em função do método de aquecimento da água em seu interior. Desta forma encontramos os seguintes tipos:

- Aquecedores de água a gás tipo instantâneo (aquecedores de passagem): aparelho destinado ao aquecimento de água, sendo que esta circula continuamente através de um sistema de troca de calor, geralmente uma serpentina, onde é aquecida pela radiação da chama e pela energia térmica presente nos gases da combustão.
- Aquecedores de água a gás tipo acumulação: aparelho destinado ao aquecimento de água que possui acumulado em um tanque determinado volume de água aquecida.

Tanto os aquecedores instantâneos quanto os de acumulação também podem ser classificados em função da sua característica de combustão, da seguinte forma:

- Aquecedores de circuito aberto: Estes aquecedores são aqueles nos quais o ar necessário para realizar a combustão completa do gás é captado na atmosfera do local onde se encontram instalados. Estes aparelhos devem sempre estar conectados a dutos de exaustão (chaminés), sendo que tanto estes dutos quanto o ambiente de instalação do aquecedor, devem estar em conformidade com a norma ABNT NBR 13103 – Instalação de aparelhos a gás para uso residencial – Requisitos dos ambientes.
- Aquecedores de circuito fechado: Estes aparelhos são aqueles nos quais o circuito de combustão (tomada de ar, câmara de combustão e saída de produtos de combustão) não possui comunicação alguma com a atmosfera do local em que se encontram instalados. Estes aparelhos, também conhecidos como aquecedores de fluxo balanceado, podem ser instalados em ambientes sem ventilação, já que não utilizam o ar do ambiente na combustão.

6.2 Aquecedores de água a gás tipo instantâneo

Este tipo de aquecedor (FIG. 18) é muito utilizado principalmente em função da economia que representa (devido ao seu baixo valor no mercado e ao seu baixo consumo de combustível), à alta eficiência, ao fato de ser compacto (ocupa pouco espaço) e à segurança (se observadas todas as instruções de instalação e uso). O rendimento destes equipamentos normalmente é superior a 80%.



Figura 18: Aquecedor de passagem

As informações mais importantes para especificar este tipo de equipamentos são:

- Tipo de gás (GN, GLP ou outro gás);
- Vazão de água (l/min – litros por minuto): a forma comum de definir o aquecedor de passagem é utilizando a vazão de água do mesmo. Por exemplo: Aquecedor de passagem de 10 l/min;
- Pressão de água mínima para funcionamento (m.c.a. – metros de coluna de água): é um fator muito importante, tendo em vista que o aquecedor de passagem necessita uma pressão mínima de água tanto para que esta possa circular no seu interior (devido à perda de carga provocada pelos seus elementos), quanto para a água acionar o dispositivo de ignição do mesmo. Se não houver pressão suficiente na instalação, deve ser instalado um pressurizador para que a água possa circular na tubulação;
- Pressão máxima de água que o aparelho suporta (m.c.a.);
- Diâmetro da chaminé (mm);
- Bitola da entrada de água (polegada);
- Bitola da saída de água quente (polegada);
- Bitola da alimentação do gás (polegada).

6.2.1 Componentes básicos de aquecedores de passagem

Além das tampas e botões, os aquecedores de passagem são basicamente constituídos de:

- Câmara de combustão: Trata-se de uma câmara de metal laminado (normalmente cobre banhado a estanho), circundada por uma tubulação em forma de serpentina na qual circula a água. Na parte superior da câmara de combustão a serpentina recebe aletas, sendo que nesta parte o contato com os gases de combustão é direto (sem a chapa de metal laminado). Estas aletas são usadas para melhorar a transferência de calor entre os gases de combustão e a água. Devido ao seu formato, esta parte superior da câmara de combustão é chamada de colméia.
- Defletor de exaustão: situado acima da colméia da câmara de combustão, este componente está diretamente ligado à tiragem dos gases de combustão. Este elemento possui um anel superior que se destina a acoplar a tubulação de exaustão (chaminé).
- Queimador principal: é o elemento que faz a mistura de ar e combustível de forma a realizar a queima da melhor forma possível. Neste estão localizados o conjunto de “cornetas”, o distribuidor de gás e os bicos injetores.
- Válvula de água: Neste elemento se dá a junção de todo o sistema de funcionamento do aquecedor. É composta por um sistema de molas e um diafragma, que libera a passagem do gás para o queimador quando há fluxo de água.
- Válvula de gás: Geralmente possui um obturador que regula a vazão de gás, estando este obturador ligado ao diafragma da válvula de água. Também é neste elemento que

normalmente encontramos uma válvula de bloqueio do tipo solenóide, que serve para bloquear a passagem do gás caso o fluxo de água não exista. A válvula solenóide também bloqueia a passagem do gás quando há condições anormais de funcionamento, como apagamento da chama.

- Controlador/programador eletrônico: É o “cérebro” do aquecedor, pois processa todas as informações referentes ao acendimento e manutenção da chama e a temperatura limite da água, atuando diretamente na válvula solenóide em casos anormais de funcionamento do equipamento. Este elemento libera a passagem de gás quando existe fluxo de água, gera a faísca de ignição, monitora a presença da chama e a temperatura de saída da água.

6.2.2 Modo de funcionamento

Ao abrir o registro de água quente do chuveiro ou de alguma torneira a água começa a circular no interior do aquecedor de passagem, acionando uma chave de fluxo (fluxostato). Este fluxostato energiza o controlador/programador eletrônico que dá a partida ao sistema.

Desta forma, quando o fluxo de água é estabelecido, a passagem de gás é aberta, liberando este para o queimador principal ou para o queimador piloto, dependendo do modelo do aquecedor. Instantaneamente, o programador ativa o transformador (usina) de ignição que gera a faísca no queimador, iniciando a reação de combustão.

Juntamente com a operação descrita, o programador começa a monitorar a presença da chama através de um sensor de chama, sendo que caso esta não acenda ou venha a se apagar, o programador desenergiza a válvula solenóide, interrompendo a passagem do gás.

Quando a torneira de água quente é fechada, o fluxo de água no aquecedor cessa, desacionando o fluxostato e desligando o programador e o aquecedor. Nota-se que este tipo de aquecedor só consome gás enquanto a água quente está sendo utilizada, trazendo uma economia no consumo do combustível.

6.3 Aquecedores de água a gás tipo acumulação

Os aquecedores de acumulação são aqueles em que um determinado volume de água quente fica em seu interior. Este volume de água é aquecido em um determinado tempo, e depois mantido dentro de uma faixa de temperatura constantemente. Isso faz com que o aquecedor acenda mesmo sem haver consumo, visto que se a temperatura da água no interior do aquecedor cair abaixo de um determinado valor, este acende o queimador principal para elevar novamente a temperatura da água. A grande vantagem deste tipo de aquecedor é o fato de que ele abastece mais de um ponto de consumo simultaneamente, sem que haja redução na temperatura da água. Normalmente os aquecedores de passagem conseguem abastecer com água na temperatura ideal somente um ponto de consumo.



Figura 19: Aquecedor de acumulação
Fonte: Bosch do Brasil (2008)

O dado mais importante destes aquecedores é a capacidade de volume de água que este consegue armazenar, variando normalmente entre 50 e 400l. Este e outros dados importantes em aquecedores de acumulação estão listados a seguir.

- Dimensões do aquecedor;
- Potência nominal;
- Rendimento: nestes equipamentos o rendimento é em média 70% ;
- Tempo de elevação de temperatura ($\Delta T = 20^\circ\text{C}$);
- Pressão máxima de água;
- Consumo de gás;
- Conexões de água;
- Conexão de gás;

6.3.1 Componentes básicos dos aquecedores de acumulação

Um aquecedor de acumulação é apresentado na Figura 20. Os componentes básicos dos aquecedores de acumulação são listados a seguir:

- Tanque interno: Trata-se de um reservatório fabricado em chapa de aço no qual a água quente fica acumulada. O volume deste reservatório define a capacidade do aquecedor de acumulação, visto que é este volume de água que vai ser mantido a uma temperatura pré-determinada.
- Isolamento térmico: Normalmente feita com manta de lã de vidro que recobre e isola o tanque interno, reduzindo ao máximo as perdas de calor. Este material é importante e influencia muito no consumo de combustível do aquecedor de acumulação, visto que se a água for mantida na temperatura ideal por mais tempo, menos o queimador principal será aceso.
- Entrada de água fria: É um tubo cuja extremidade inferior encontra-se perto do controle de temperatura. Este tubo deve ser conectado ao sistema de água fria da residência.
- Saída de água quente: É à parte do aquecedor que irá alimentar a rede de água quente da residência. Esta saída encontra-se na parte superior do aquecedor de acumulação, visto que a água quente possui massa específica menor do que a água fria, acumulando-se na parte superior do tanque interno. Conforme a água quente sai do aquecedor (para o ponto de consumo) uma quantidade igual de água fria entra neste, para ser aquecida e disponibilizada ao consumidor.

- Conductor dos gases de combustão: Os gases de combustão são conduzidos por um tubo que fica localizado no centro do tanque interno, desde o queimador na sua parte inferior até o defletor na sua parte superior. No interior deste condutor dos gases de combustão há um retardador de calor, que aumenta a troca térmica entre os gases e a água no interior do tanque, aumentando a eficiência energética do aquecedor.
- Termostato: É o elemento responsável pelo controle da temperatura da água acumulada no interior do tanque interno do aquecedor. Se a temperatura da água no tanque interno diminuir, o termostato aciona o queimador principal para aumentar a temperatura da água novamente. Neste termostato há um seletor no qual a temperatura da água no interior do tanque pode ser definida.
- Piloto – termopar: Os aquecedores de acumulação possuem um queimador piloto de baixo consumo de gás que fica aceso em tempo integral. Este queimador piloto aquece um termopar de segurança que funciona como sensor de chama, sendo que no caso da chama apagar, a passagem de gás é bloqueada.
- Queimador principal: Na parte inferior do tanque interno dos aquecedores de acumulação há um queimador principal, que é responsável pela mistura de gás e ar na relação adequada para uma combustão eficiente e segura. A chama deste queimador principal é acesa pelo queimador piloto quando a temperatura da água no interior do tanque interno está abaixo do valor selecionado no termostato.
- Defletor: Na extremidade do tubo condutor dos gases de combustão há um defletor, responsável pela manutenção da saída dos gases da combustão. O ambiente de instalação e a exaustão dos gases de combustão neste tipo de aquecedores também deve ser feita conforme a norma ABNT NBR 13103.
- Dreno: O aquecedor de acumulação necessita de uma limpeza periódica e, para retirar toda a água do seu interior, existe um dreno com registro que facilita o esvaziamento total do tanque de água.
- Ânodo de magnésio: É um bastão de magnésio que evita a corrosão do tanque interno. Este bastão precisa ser trocado em média a cada dois anos, caso contrário podem se formar furos no tanque interno em função da corrosão.

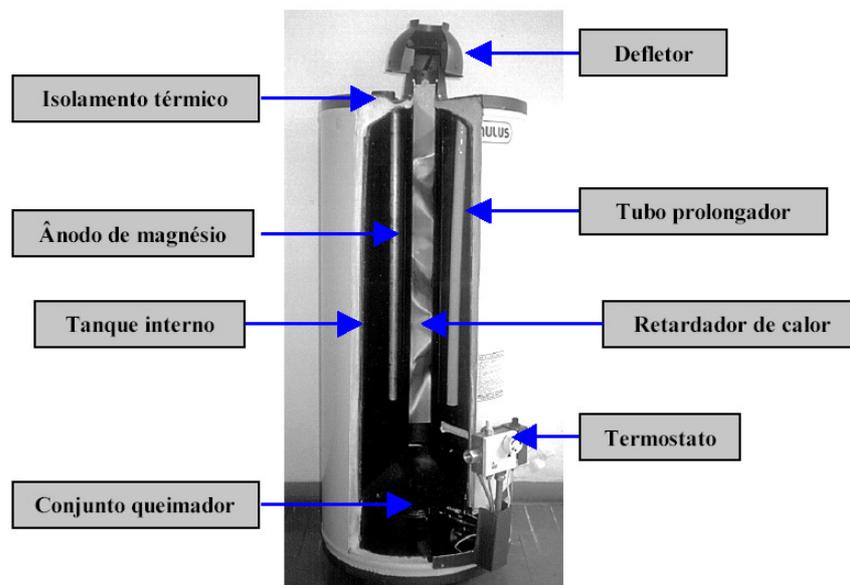


Figura 20: Aquecedor de acumulação.
Fonte: Cumulus (2008)

6.3.2 Modo de funcionamento

A temperatura da água nos aquecedores de acumulação pode ser regulada através do

termostato, de acordo com as necessidades do consumo. Quando alguma torneira de água quente é aberta, ocorre no aquecedor um fluxo de água, saindo água quente e entrando água fria para ser aquecida.

Em relação à segurança, se por qualquer razão for interrompido o fluxo de gás ou a chama piloto se apagar, o termostato corta totalmente a entrada de gás no aquecedor. Para colocar o aquecedor em funcionamento é necessário ativar o acionamento do termostato e do piloto de segurança, procedendo da seguinte maneira:

6.4 Etapas da conversão de aquecedores de água a gás

O primeiro passo na conversão de aquecedores de água a gás é entrar em contato com o fabricante ou com o representante do modelo de aquecedor que deverá ser convertido, para buscar o kit com os elementos que deverão ser substituídos no equipamento. É importante que o conversor trabalhe sempre em conjunto com o fabricante para utilizar as peças corretas, garantindo assim a manutenção da eficiência e a segurança dos usuários do equipamento.

A conversão nunca deve ser feita adaptando os elementos já existentes para utilizar o novo combustível, como no caso de modificar manualmente o diâmetro dos injetores do equipamento. Este procedimento incorreto afeta a reação de combustão, podendo ocasionar o excesso de gases tóxicos nos produtos da combustão, colocando em risco a vida dos usuários do equipamento convertido.

6.4.1 Conversão de aquecedores de água a gás tipo instantâneo

Devido às diferenças existentes entre o gás natural e o gás liquefeito de petróleo, alguns componentes precisam ser substituídos para haver uma correta conversão do equipamento. Os componentes substituídos na conversão dos aquecedores de passagem são:

- Bicos injetores: São os elementos que injetam o gás na quantidade certa no queimador. O número de bicos injetores varia em função do modelo do aquecedor, sendo que eles se encontram sempre na entrada das “cornetas” do queimador principal. A Figura 21 A e B, apresenta o conjunto de “cornetas” do queimador principal e o detalhe dos injetores.

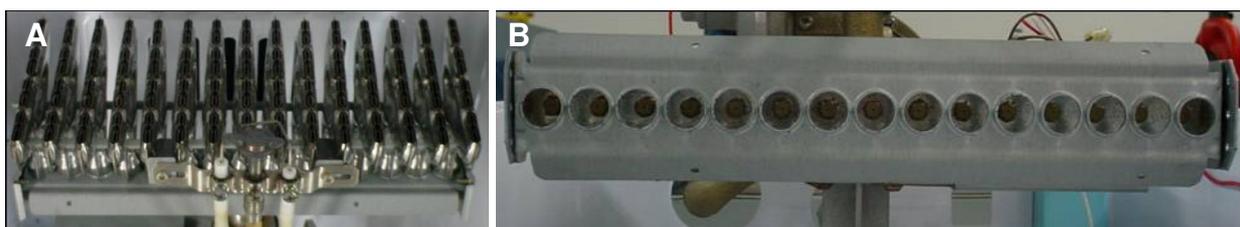


Figura 21: Conjunto de cornetas. A, queimador principal; B, posição dos injetores.

- Alteração da válvula de regulagem de chama: A válvula de regulagem de chama é o elemento que regula a vazão de gás para o aquecedor. Este elemento deve sofrer uma modificação na sua parte interna no momento da conversão, para que esteja compatível com a vazão do outro gás a ser utilizado. O elemento a ser substituído é o obturador da válvula de regulagem de chama (FIG. 22).



Figura 22: Obturador da válvula de regulação de chama.

6.4.2 Conversão de aquecedores de água a gás tipo acumulação

Assim como nos aquecedores de passagem, nos aquecedores de acumulação também é necessário substituir alguns elementos no momento da conversão. Os itens são os seguintes:

- Injetor do queimador: Como já foi mencionado, é o elemento que injeta gás no queimador.
- Termostato: Elemento que libera a passagem de gás para o queimador piloto e para o queimador principal.

Os elementos a serem substituídos variam em função do modelo e do fabricante do aquecedor, sendo por isso importante o contato com o fabricante, buscando informações corretas sobre estes elementos.

6.5 Avaliação do desempenho e segurança da conversão

Conforme o INMETRO, os aquecedores de água a gás devem possuir algumas características específicas, comprovadas através de ensaios, para garantir a segurança e o desempenho dos equipamentos em funcionamento. Alguns destes itens estão listados a seguir.

6.5.1 Estanqueidade

As peças condutoras de gás não podem apresentar vazamento superior a $70\text{cm}^3/\text{h}$ quando submetidos a uma pressão de ensaio de $14,7\text{kPa}$ (1500 mm C.A.) de ar comprimido. Este ensaio ocorre com o aquecedor regulado para as condições normais de funcionamento.

Já as peças condutoras de água devem permanecer estanques a uma pressão de ensaio de 1,5 vezes a máxima pressão de operação indicadas pelo fabricante.

6.5.2 Potência nominal

A potência nominal será determinada em ensaios com gás de referência, podendo variar em relação ao valor estipulado pelo fabricante em $\pm 5\%$.

6.5.3 Característica higiênica (emissão de gases da combustão)

Na avaliação das características higiênicas de aquecedores de água a gás devem ser verificados o nível de emissão de CO_N na chaminé e o nível de CO acumulado no ambiente. A norma técnica de referência para este tipo de análise é a ABNT NBR 13103 – Instalação de aparelhos a gás para uso residencial – Requisitos dos ambientes.

As concentrações limites de CO neutro (isentas de ar e vapor d'água), nos produtos da combustão medidos na região de ligação da chaminé com o defletor do aquecedor, devem ser analisadas da seguinte forma:

- Valor menor que 500ppm: O aparelho deve ser considerado apto para uso;
- Valores entre 500 ppm e 1000 ppm: podem ser aceitos para funcionamento provisório em função de avaliação das condições gerais, estabelecendo-se o prazo para adequação final das condições de uso;
- Valores acima de 1000 ppm: o aparelho deve ser considerado inapto para uso.

A concentração limite de CO medido no ambiente onde estão instalados os aquecedores de água a gás está limitada a 5 ppm, sendo a medição feita durante um intervalo de 5 minutos com o equipamento em funcionamento e nas piores condições possíveis de ventilação do ambiente. No caso de haver mais de um equipamento a gás no mesmo ambiente, este(s) deve(m) ser estar em funcionamento na potência máxima, durante o intervalo de tempo do teste.

6.5.4 Rendimento

O rendimento não pode ser menor que 70%, devendo ser determinado em regime de permanência, na potência nominal com gás de referência, com uma vazão de 1 litro por minuto para cada 1000 kcal/h de potência nominal, devendo a temperatura de entrada de água ser igual ou superior a 15°C.

6.5.5 Temperatura da capa e dos controles

Com o aquecedor operando com potência nominal a temperatura da capa não pode exceder 60°C, já a temperatura dos dispositivos de controle não pode exceder 50°C.

Conclusões e recomendações

A conversão de equipamentos residenciais a gás exige do profissional conhecimentos técnicos na área de condução de fluidos, combustão, meios de ligação de tubulações, ferramentas, saúde, segurança e meio ambiente. É fundamental que estes profissionais estejam capacitados e atualizados em relação aos procedimentos e às normas técnicas referentes ao assunto.

Consciência de higiene também é muito importante para os convertedores de equipamentos residenciais de gás, visto que normalmente eles trabalham nas residências dos seus clientes, devendo observar e manter a limpeza do ambiente e o cuidado com os componentes e os equipamentos.

Desta forma, esta atividade deve ser realizada sempre por profissionais qualificados, com treinamento específico na área e, preferencialmente, experiência no serviço.

Referências

ABNT. **NBR 13723 -1**: Aparelho doméstico de cocção a gás parte 1- desempenho e segurança. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT. **NBR 13723 -2**: Aparelho doméstico de cocção a gás parte 2 - Uso racional da energia. 1999.

ABNT. **NBR 13103**: Instalação de aparelhos a gás para uso residencial – Requisitos dos ambientes. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT. **NBR 13933**: Instalações internas de gás natural (GN) – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT. **NBR 14570**. Instalações internas para uso alternativo dos gases GN e GLP – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2000.

ABNT. **NBR 14177**: Tubo flexível metálico para instalações domésticas de gás combustível. Rio de Janeiro, 1998.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Disponível em: <http://www.scgas.com.br/gas_natural/anp104.pdf> Acesso em: 10 jun 2005.

BOSCH DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.bosch.com.br/br/thermotechnik/produtos/aq110l.asp>>. Acesso em: nov. 2006.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. *In: Diário Oficial da União*, Brasília. 2001.

BRASIL. Portaria interministerial nº 363, de 24 de dezembro de 2007. Aprova a Regulamentação Específica de Fogões e Fornos a Gás, na forma constante dos Anexos à presente Portaria. *In: Diário Oficial da União*, Brasília. 2007

CARDOSO, Luiz Cláudio. **Petróleo: do Poço ao Posto** – Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2005.

CUMULUS. **Manual de uso e instalação aquecedor a gás por acumulação**. Disponível em: <http://www.cumulus.com.br/produtos/manual_acumulacao.pdf>. Acesso em: nov. 2006.

ECLIPSE COMBUSTION. **Engineering guide**: Open Guide and Open Tech notes. Rockford, 1986.

GARCIA, Roberto. **Combustíveis e combustão industrial**. Rio de Janeiro, Interciência, 2002.

GAS E NERGIA. Disponível em: <<http://www.gasenergia.com.br>> Acesso em: 10 jun 2005.

INMETRO. **Regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia**: ENCE - linha de aquecedores de água a gás tipo instantâneo e de acumulação (Revisão). Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/resp009.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2008.

INMETRO. **Regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia**: ENCE - Linha de Fogões e Fornos a Gás. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/resp008.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2008.

LABORATÓRIO DE COMBUSTÃO DO GÁS. **Relatório do projeto de capacitação da equipe do laboratório para combustão de gás do SENAI/RS**. Esteio: CEP SENAI Nilo Bettanin , 2003.

PAUNESCU, Stefan Nicolas Richetti. **Combustão em sistemas a gás**: GLP e GN. Esteio: CEP SENAI Nilo Bettanin, 2003.

THOMAS, José Eduardo; **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Editora Interciência, 2ª. Ed. 2001.

VIEIRA, Petronio Lerche; GARCIA, Celestino Boente; GUIMARÃES, Helvécio Borges; TORRES, Ednildo Andrade; PEREIRA, Osvaldo Livio Soliano. **Gás natural: Benefícios ambientais no estado da Bahia**. Salvador: Solisluna Design e Editora, 2005.

Nome do técnico responsável

Leandro Eduardo de Assis - Técnico de laboratório
Frederico Salomão Hackbart

Nome da Instituição do SBRT responsável

SENAI / RS – EEP SENAI Nilo Bettanin

Data de finalização

4 out. 2006