

# 1

## Introdução

### 1.1

#### Apresentação do problema

As células de combustível são dispositivos eletroquímicos que aproveitam a energia química do combustível, gerando diretamente energia elétrica.

O aumento do interesse em células de combustível de baixa potência para fornecimento de energia elétrica foi intensificado com o crescimento da disponibilidade de gás natural no Brasil, quer seja importado ou produzido pelo Brasil. A energia elétrica gerada e consumida localmente e que não é fornecida pela rede elétrica é chamada de geração de energia elétrica distribuída (DG). Isto elimina a necessidade de longas linhas de transmissão e o investimento associado à rede elétrica para aumentar o fornecimento de energia. Com isso, a companhia de gás se beneficia do desenvolvimento deste mercado.

Com a cogeração, que é a geração de energia térmica e elétrica simultaneamente a partir de um mesmo combustível, o calor rejeitado pela célula é usado para fornecer energia térmica para aplicações de aquecimento e resfriamento.

Existem cinco tipos de células de combustível. Suas distinções básicas são o tipo de eletrólito utilizado. A célula de combustível desse estudo é a PEM, célula que utiliza um polímero de troca de prótons como eletrólito. Em um outro nível de classificação, as células de combustível podem também ser classificadas quanto ao tipo de oxidação, que pode ser direta ou indireta. A oxidação indireta é a que utiliza um reformador, equipamento que extrai o hidrogênio contido no combustível para utilização na célula. Já a de oxidação direta não possui essa etapa intermediária, sendo o combustível inserido na própria célula para reação.

Neste estudo, o desempenho e o potencial de cogeração de uma célula PEM de 5 kW são analisados para uma avaliação de tecnologia.

As células de combustível têm sido estudadas para uma produção de energia elétrica com uma alta eficiência e uma baixa poluição ambiental, usando hidrogênio e oxigênio em uma reação química de oxidação parcial catalítica. Uma das primeiras células a ser desenvolvida foi a de óxido sólido em 1937. As células alcalinas e de carbonato fundido vieram em 1946. Depois vieram as células de polímero sólido em 1960 e de metanol. A única célula comercialmente

disponível nos dias de hoje é a de ácido fosfórico, desenvolvida em 1967. Contudo, as mais recentes PEMs são mais simples e mais compactas do que os outros tipos [16] , tendo um bom potencial para ser utilizada em veículos, têm recebido grandes investimentos de pesquisadores para reduzir seus custos, suas emissões atmosféricas, aumentar suas durabilidades e suas potências específicas para veículo (W.h/kg). Essas ações aumentaram o potencial utilizando-se PEMs de baixa potência para aplicações estacionárias.

As células de combustível de baixa potência, em torno de 5 kW a 10 kW, estão sendo desenvolvidas para aplicações residenciais, ainda não são economicamente viáveis. A maioria delas não tem reformador e produzem energia elétrica diretamente do hidrogênio que é caro. Contudo, grandes pesquisas têm sido feitas para desenvolver os reformadores de gás natural com o objetivo de aumentar sua eficiência e sua capacidade de produzir hidrogênio e reduzir o custo de operação [21].

Esse estudo apresentará a análise de desempenho de uma célula tipo PEM de 5 kW, produzida pela Plug Power nos Estados Unidos. A unidade é alimentada com gás natural, sendo hidrogênio produzido no reformador. O potencial de utilização da cogeração será analisado. Essa célula está sendo testada em quatro países: Alemanha, Brasil, EUA e Japão.

Tecnicamente é possível se obter uma célula do tipo PEM de oxidação indireta, ou seja, com reformador, operando com 90% de eficiência teórica. Entretanto esse valor, devido à eficiência eletroquímica e do reformador, deve atingir, na prática, no mínimo 50%. Ela configura uma possibilidade que não deve ser descartada. Devido à dificuldade de se fazer um reformador mais compacto com alta eficiência, o que é fundamental para aplicações automotivas, a eficiência global da célula acaba se reduzindo.

## **1.2 Revisão da literatura**

### **1.2.1 Descrição do estudo feito pelo NIST**

Vários testes foram feitos pelo Nist (National Institute for Standards and Technology) [5] para determinar os efeitos de operação no desempenho da mesma célula.

As eficiências elétricas obtidas variaram de 16,4% a 20,7% e são consideravelmente menores do que a eficiência elétrica típica da célula PEM (25 a 40%). A eficiência térmica variou de 10% a 47,9%.

### 1.2.2

#### **Descrição do estudo feito pelo FEMP (Federal Energy Management Program) [10]**

Neste estudo foi concluído que a eficiência global da conversão do gás natural em eletricidade sem recuperação de calor foi menor que 30%. Com a recuperação de calor, a eficiência global máxima para a unidade (total de calor mais eletricidade) foi em torno de 65%.

### 1.2.3

#### **DoD (Department of Defense) Fuel Cell [26]**

Neste centro de pesquisa foram emitidos vários relatórios que serviram de comparação com este estudo, pois foram utilizadas células de combustível idênticas operando com uma potência de 2,5 kW.

Num relatório chamado *Final Project Report – FY02 PEM Fuel Cell Demonstration* foram encontradas as seguintes informações: eficiência elétrica 27,91%, uma eficiência térmica de 15,09% e uma eficiência de aproveitamento de 15,09% (Maio de 2003); eficiência elétrica 28,20%, uma eficiência térmica de 37,27% e uma eficiência de aproveitamento de 65,47% (Setembro de 2003); eficiência elétrica 27,20%, uma eficiência térmica de 17,61% e uma eficiência de aproveitamento de 44,81% (Outubro de 2003); eficiência elétrica 25,57%, uma eficiência térmica de 16,65% e uma eficiência de aproveitamento de 42,22% (Novembro de 2003).

Em um outro relatório chamado *Ft Belvoir, VA PEM Demonstration Project* foram encontradas as seguintes informações: eficiência elétrica 26,71%, uma eficiência térmica de 17,63% e uma eficiência de aproveitamento de 44,33% (Março de 2005); eficiência elétrica 26,65%, uma eficiência térmica de 16,69% e uma eficiência de aproveitamento de 43,34% (Abril de 2005).

Em um outro relatório chamado *Midpoint Project Status Report* foram encontradas as seguintes informações: eficiência elétrica 26,07%, uma eficiência térmica de 24,04% e uma eficiência de aproveitamento de 50,11% (Dezembro de 2004).

Em um outro relatório chamado *Initial Project Description Report* foram encontradas as seguintes informações: a eficiência do sistema irá variar de acordo com a temperatura da cogeração externa e a vazão, a eficiência de aproveitamento deve ficar em torno de 60%, a energia térmica gerada mínima deve ser de 3,27 kW e a eficiência elétrica deve ficar em torno de 26%. Segundo este relatório é necessário ter uma vazão mínima de 70 slm (litros por minuto) de gás natural, o que não aconteceu no nosso estudo. O gás natural deve conter mais que 90% de metano e enxofre não mais que 15 ppm nas bases médias anuais.

### **1.3**

#### **Objetivo da dissertação**

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de acelerar a comercialização das células de combustível residenciais, fornecendo para os consumidores informações sobre os benefícios das células, desempenho global e o desempenho do sistema elétrico e térmico. Para quantificar esses resultados foram utilizados os dados fornecidos pela célula que é devidamente instrumentada. Com isso, foram medidas a energia do combustível fornecido ao sistema e a energia térmica e elétrica de saída.

Foram realizados testes para determinar o desempenho da célula e suas eficiências elétrica e térmica. Com esses resultados foi possível avaliar a vida útil de seus componentes.

### **1.4**

#### **Descrição dos capítulos**

Esta dissertação se divide em três partes. A primeira descreve os cinco maiores tipos de célula de combustível e seus desempenhos. A segunda parte mostra como será realizada a aquisição dos dados. A terceira é o estudo da eficiência de uma célula tipo PEM. Este estudo é feito através da análise termodinâmica das reações da célula.