

ANEXO 14- PILHAS DE COMBUSTÍVEL

Conteúdo

1	Pilha de combustível	199
1.1	O que é um elemento a combustível	199
1.2	Princípio de funcionamento	200
1.3	Tipos básicos de elementos a combustível	201
1.4	Hidrogénio a partir de fontes renováveis.	204
1.5	Reversibilidade dos elementos a combustível	205
2	Obras Citadas	209

1 Pilha de combustível

1.1 O que é um elemento a combustível

Um elemento a combustível produz electricidade, combinando um combustível (hidrogénio, gasolina etanol. etc.) e oxigénio através de uma reacção química. Pode ser vista como uma bateria que funciona continuamente desde que alimentada por combustível.

A forma tradicional de gerar electricidade através de combustível é um motor de combustão interna e gerador. Num motor de combustão interna grande parte da energia é perdida na forma de calor. Nos elementos a combustível este é convertido também em energia química, mas esta transformada directamente em energia eléctrica.

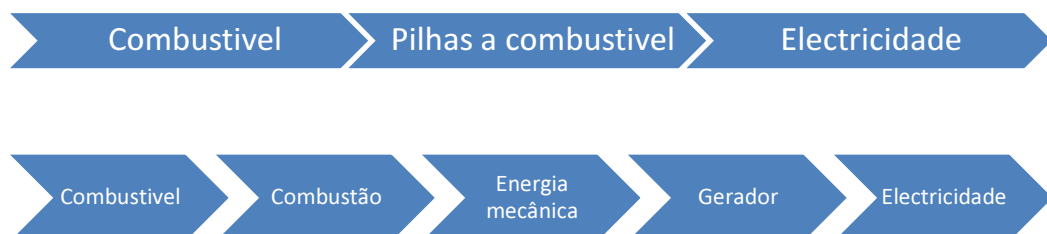


Ilustração 1- Ciclos de produção de energia eléctrica(1)

1.2 Princípio de funcionamento

Este sistema gera electricidade sem a combustão de hidrogénio. Através de uma reacção electroquímica entre o hidrogénio e o oxigénio proveniente da atmosfera. O hidrogénio é fornecido à pilha de combustível no eléctrodo negativo onde se dá uma reacção catalítica, libertando os electrões do átomo de hidrogénio. Os electrões passam do eléctrodo negativo para o positivo, gerando assim a electricidade. Entretanto os átomos de hidrogénio que perderam os seus electrões tornam-se iões e atravessam membrana electrolítica para alcançarem o lado positivo. Ai, os iões de hidrogénio juntam-se ao oxigénio formando água (1).

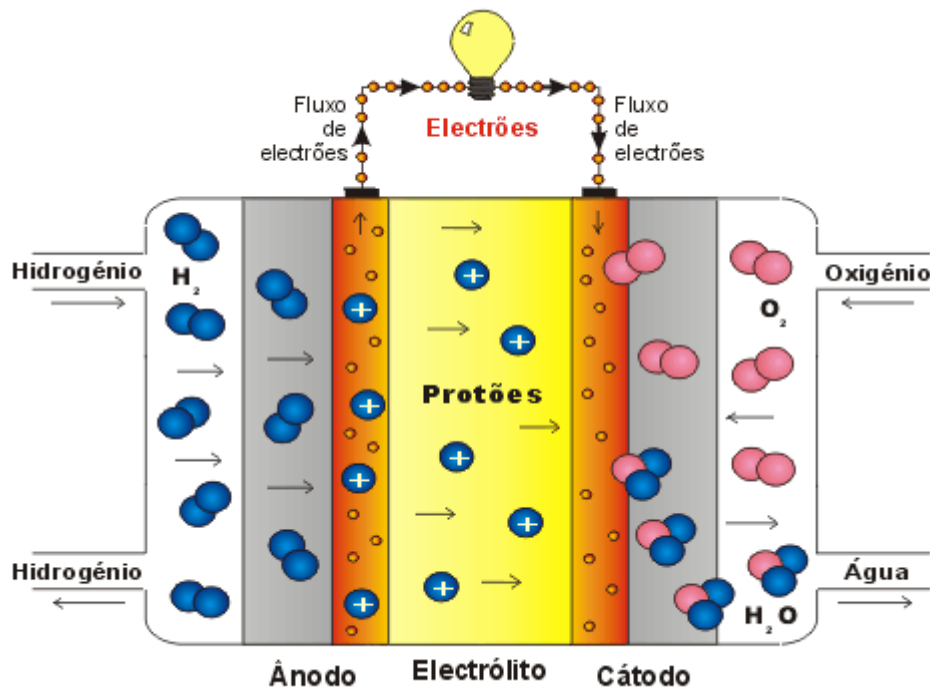
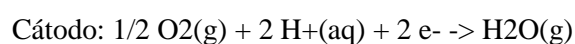
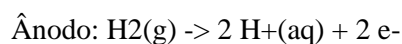


Ilustração 2- Representação de uma pilha a combustível (1)

A título de exemplo, utilizando o hidrogénio como combustível e o oxigénio como oxidante, as reacções no ânodo e cátodo na célula de combustível são as seguintes, respectivamente:



As pilhas a combustível operam de forma quase silenciosa e pode ser vista como uma combustão fria, uma vez que tem lugar a temperaturas muito inferiores comparativamente às de um processo de combustão. Enquanto numa combustão

convencional toda a energia gerada é libertada sob a forma de calor, numa célula de combustível parte da energia da reacção electroquímica é libertada directamente como electricidade, só o remanescente é libertado sobre a forma de calor.

Existem vários tipos básicos de células.

As células:

- Alcalinas
- PEM
- De ácido fosfórico
- De carbonatos fundidos
- Óxido sólido

1.3 Tipos básicos de elementos a combustível

Os elementos a combustível podem ser construídas com apenas um eléctrodo, mas o que predomina são 5 eléctrodos. O mecanismo de condução de iões determina a temperatura de trabalho de célula. Surgindo as células de baixa temperatura ate 200 °C e alta temperatura entre 650 °C e 1000 °C.

Os elementos a combustível Alcalinos, tem uma solução aquosa de KOH como electrolítico, a “*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*”, a de ácido fosfórico e a de carbonatos fundidos tem electrolíticos ácidos. (2).

Estes actuam a baixas temperaturas (60-90°C) e têm uma eficiência na ordem dos 50-60% ao converter a energia química do combustível em electricidade. As principais aplicações deste tipo de células de combustível são no espaço. Uma desvantagem deste tipo de pilhas advém do CO₂ poder degradar a sua performance;

Os elementos a combustível PEM operam também a baixas temperaturas, entre os 50°C e 80°C e a sua eficiência anda também na ordem dos 50-60%. São os elementos a combustível de eleição para os transportes devido à sua rápida entrada em funcionamento (conseguem logo produzir elevados montantes de energia quase instantaneamente); (1)

Este tipo de elemento a combustível que tem vindo a ter grandes desenvolvimentos nos últimos tempos. É de todas a que é mais importante, pelo facto de ter um arranque relativamente rápido, operar a baixa temperatura e possibilidade de construção compacta.

Os elementos a combustível de ácido fosfórico são tipicamente desenhados para aplicações estacionárias. Operam com um eficiência na ordem dos 55% e a temperaturas médias (160-220°C). Até ao final dos anos 1990s eram o único tipo de células de combustível disponíveis comercialmente;

Os elementos a combustível de carbonatos fundidos operam a temperaturas elevadas (620-660°C) e com uma eficiência na ordem dos 60-65%. Têm grande aplicação ao nível da produção de electricidade, com a vantagem de permitirem o aproveitamento do calor para outros fins, como a climatização, o funcionamento de micro turbinas, etc..

Este tipo de elementos a combustível tem a particularidade de funcionarem principalmente a gás natural;

Os elementos a combustível de óxido sólido são as que operam a temperaturas mais elevadas (800-1000°C), com eficiência na ordem dos 55-65%¹⁴. São também indicadas para a produção de electricidade e, tal como as anteriores, funcionam a gás natural.(2)

Tipo de fuel cell	Electrólito	Combustível	Oxidante	Ião Cond.	Temperatura de funcionamento [°C]	Rendimento eléctrico [% PCI]	Dimensão típica
AFC	KOH (hidróxido de potássio)	H ₂ puro	Ar + H ₂ O (s/CO ₂)	OH ⁻	60 - 90	55 - 60	< 7 kW
PEFC / PEM	Membrana de polímero	H ₂ puro	Ar (s/CO)	H ⁺	70 - 90	35 - 45	5 - 250 kW
PAFC	Ácido fosfórico	H ₂	Ar (s/CO)	H ⁺	200	35 - 45	200 kW
MCFC	Lítio, potássio, carbonato fundido	CH ₄ , H ₂ , CO	Ar + CO ₂	CO ₃ ²⁻	600 - 650	45 - 55	2 - 3 MW
SOFC	Óxidos de Ytria e Zircónio	CH ₄ , H ₂ , CO	Ar	O ²⁻	800 - 1000	45 - 55	Tubular: 100-5000 kW Planar: 50-100 kW

Ilustração 3- Características dos diferentes tipos de elementos a combustível (2)

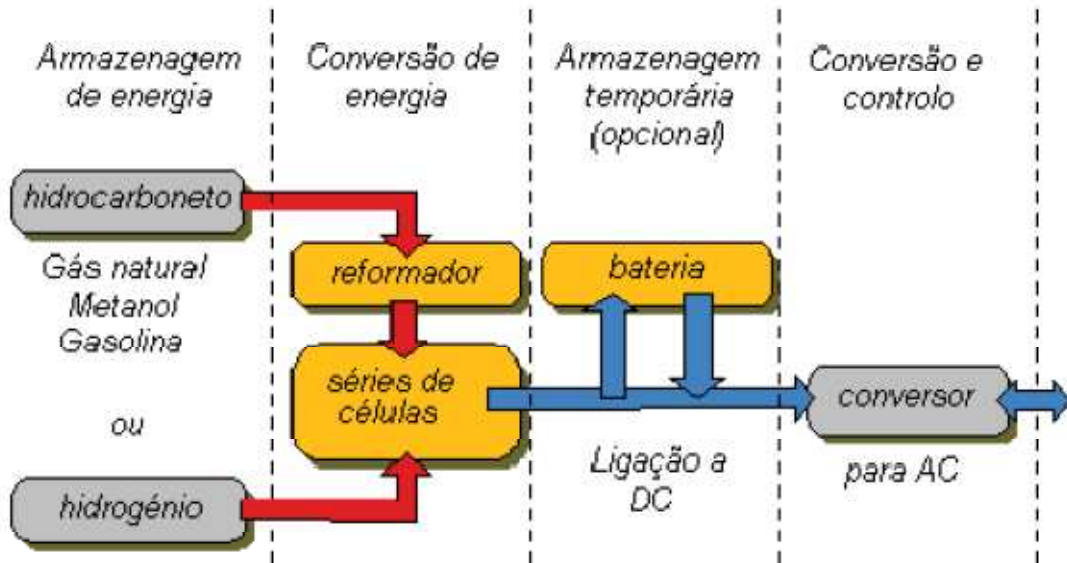


Ilustração 4 - Esquema simplificado de um sistema de produção de electricidade baseado em pilhas de combustível do tipo PEFC (2)

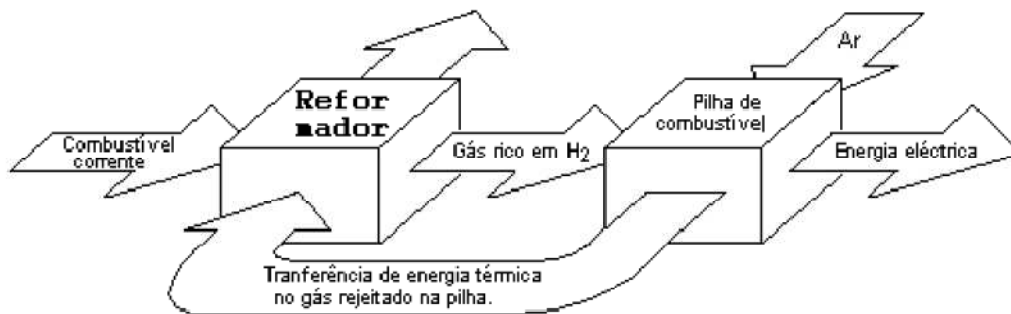


Ilustração 5- Reformados de vapor de água (2)

O reformador é o componente que tem como função converter os hidrocarbonetos em misturas de hidrogénio e dióxido de carbono. Existem vários métodos de efectuar a conversão, sendo as principais a conversão por vapor de água, ou por oxidação parcial.

Em todas as pilhas de combustível, menos nas de menores dimensões, o ar e o combustível precisam de circular pelos canais das células com ajuda de ventiladores ou bombas. Por vezes são usados compressões, podendo ser estes acompanhados pelo uso de refrigeradores.

Por vezes os motores eléctricos também são necessários e são parte vital de um sistema de pilha de combustível, pois são responsáveis por colocarem em funcionamento as bombas, os ventiladores e compressores.

Os elementos a combustível produzem energia em corrente contínua, com uma variação de tensão considerável conforme a potência solicitada, o que raramente é satisfatório.

1.4 Hidrogénio a partir de fontes renováveis.

Na imagem seguinte apresenta-se diversas formas de produção de hidrogénio a partir de energias renováveis.

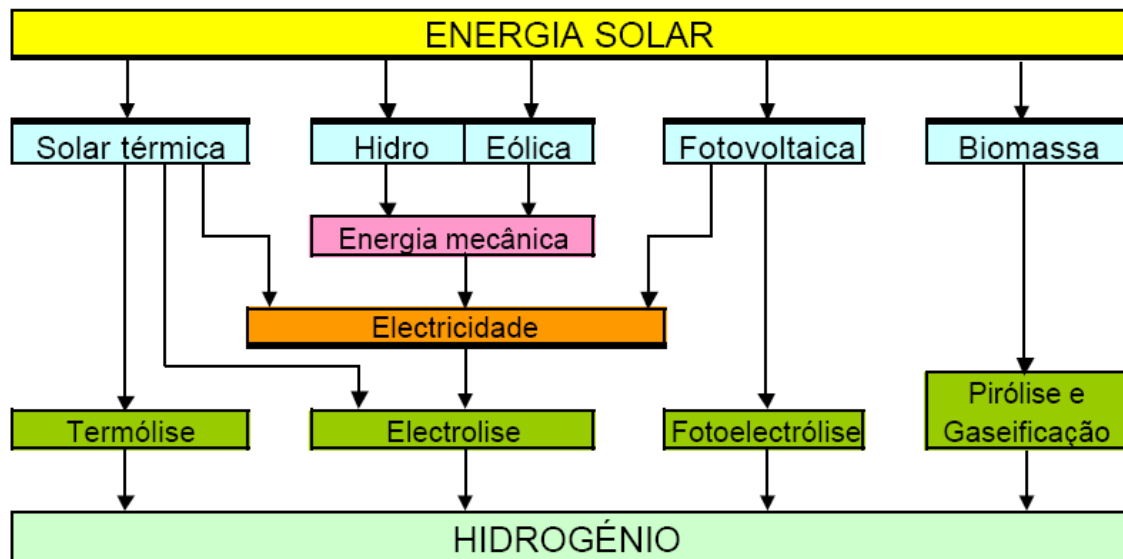


Ilustração 6-Fontes de Hidrogénio(3)

A partir destes esquemas podemos observar a diversidade de fontes de hidrogénio. Esta diversidade poderá ajudar a aplicar os diferentes sistemas a diversos tipos de ambientes.

Ficaria por esclarecer no futura investigação quais os custos da sua construção, qual o volume de produção de cada tecnologia. Com este resultados teríamos então uma boa prestativa da viabilidade destes tipos de tecnologias.

A instalação de fontes de energia renovável tem sido uma das principais estratégias da política energética do nosso país, especialmente a energia eléctrica gerada através de energia eólica. Estas energias têm alguns problemas nomeadamente a ligação à rede e a intermitência das mesmas.

A energia eólica em Portugal tem sido usada para nas horas de vazio fazer bombagem nas centrais hídricas. No futuro com o desenvolvimento de unidades de produção de calor e electricidade para aplicações industriais baseadas em células de combustível, pode tornar-se uma possibilidade interessante para a expansão da energia

eólica e transição para um sistema dependente de energia renováveis. Com este sistema o hidrogénio passa a ser produzido pela electrólise da água a partir de energia eólica e painéis solares.

Os elementos a combustível reversíveis podem servir de reguladores da rede dada a sua capacidade quer de receber quer para injectar energia na rede.

1.5 Reversibilidade dos elementos a combustível

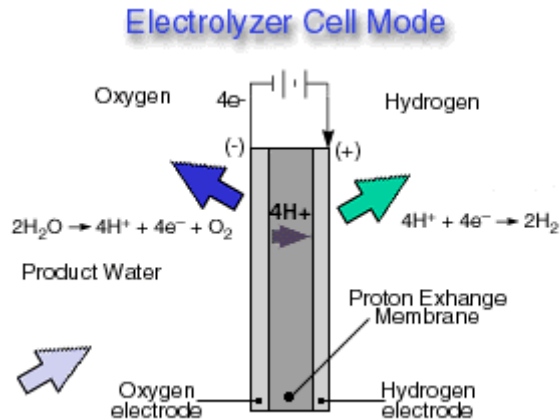


Ilustração 7- Elemento a combustível reversível(4)

Os elementos a combustível reversível podem realizar a "hidrólise" através do abastecimento de electricidade para a célula e um abastecimento de água para o cátodo (veja a figura abaixo). Só certos tipos elementos a combustível são reversíveis, isto é, também podem realizar a reacção electroquímica associada tanto á produção de electricidade a partir de combustível e oxidante e a produção de combustível e oxidante a partir da água quando fornecida com electricidade.

O conceito de elementos a combustível Reversível é um que incorpora o elemento a combustível reversível que pode realizar a hidrólise e a hidrólise invertida no mesmo elemento. Isto permite-nos considerar a produção completamente renovável de electricidade usando um abastecimento energético renovável (por exemplo, energia solar, vento, produzir hidrogénio e oxigénio a partir da água, produzindo electricidade no mesmo elemento a combustível a partir do combustível e oxidante que previamente produziu.

Uma das mais-valias desta tecnologia é a capacidade de funcionar como elemento regulador da rede.

Apesar das vantagens deste tipo de tecnologia. Custos elevados, fiabilidade e tempo de vida a rondar as 10000 mil horas são entre outras as desvantagens deste tipo de tecnologia.

Existem vários estudos em curso com a utilização de vários tipos de elementos a combustível nomeadamente:

- Elementos a combustível a hidrogénio produzido a partir de Biogás.
- Elementos a combustível a hidrogénio produzido a partir de biomassa.
- Elementos a combustível a hidrogénio produzido a partir de electrólise utilizando como fonte de energia o excesso de produção de energia eólica e excesso de produção eléctrica em horas de vazio.

Com os projectos em curso provesse uma redução de custos de implementação para valores inferiores a 5000€/kWel.

No estudo analisado o hidrogénio é apenas um portador de energia e só pode ser produzido a partir de fontes de energia primária.

Matéria orgânica para a produção de biogás, Biomassa, Energia eólica, em especial o excesso de produção, e energia foto voltaica.

Relativamente a este estudo considero o terceiro ponto bastante interessante, porque podemos rentabilizar a utilização de energias renováveis e os excessos de energia da rede durante períodos de baixo consumo de energia.



Ilustração 8- Sistema para energia eólica (5)

Neste caso o electrolisador pode ser utilizado para regular a rede eléctrica e possibilitar a instalação de mais fontes de energia renovável intermitentes. O electrolisador os elementos a combustível não poderão operar em simultâneo, uma vez que essa situação levaria a que 2/3 da energia eléctrica produzida fosse instantaneamente convertida em calor. O hidrogénio produzido é armazenado numa

estação de armazenamento junto do electrolisador. Este é depois transportado para o agregado residencial através de uma rede de transporte de hidrogénio criada especificamente para o efeito.

Os elementos a combustível podem ser usadas em habitações e na maioria dos casos ligadas à rede eléctrica existente. Através de pilha de combustível com capacidade de produção combinada de energia eléctrica e energia térmica, é possível utilizar esta energia térmica para a produção de água quente doméstica.

Os principais entraves para esta tecnologia são:

- Elevado preço da tecnologia
- Inexistência de uma rede de distribuição de hidrogénio, dado que o transporte e armazenamento de hidrogénio em tanques estão associados a elevados riscos de segurança
- Baixa eficiência do sistema (eficiência do electrolisador, da célula, perda de transporte)

Para que esta tecnologia se possa tornar atractiva para o consumidor final é necessário reduzir os custos de produção dos diversos equipamentos bem como melhorar o seu desempenho e a fiabilidade. Tal só poderá ser conseguido através de projectos que sejam responsáveis pela aquisição de uma grande quantidade de equipamentos e que demonstrem as capacidades da tecnologia de forma a incentivar os fabricantes a melhorar a qualidade dos seus produtos bem como reduzir os custos de produção associados.

A utilização de sistema foto voltalticos em residências, não fornece energia durante a noite e a manha. Uma potencial solução para esse problema será pilha de combustível reversível. Esta funciona em electrólise para gerar hidrogénio quando existe excesso de electricidade, ou pela produção de Energias renováveis, em horas de ponta ou energia excessiva presente nas baterias dos veículos eléctrico. Ou funciona com pilha de combustível tradicional para gerar electricidade através de hidrogénio.

O gráfico seguinte mostra as necessidades de energia de uma residência durante uma semana.

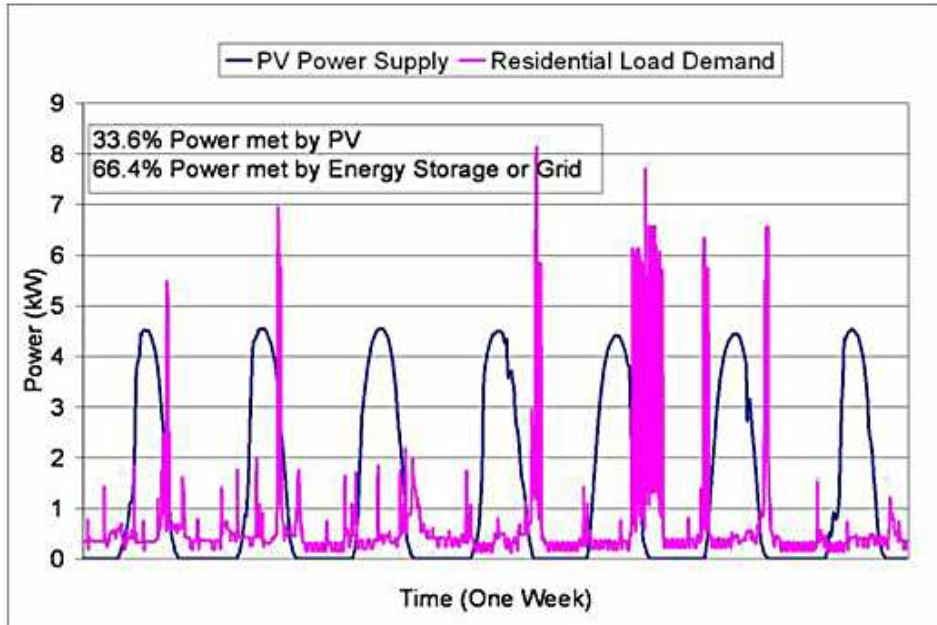


Ilustração 9- Necessidade de energia de uma residência durante uma semana(6)

Mas também a energia gerada por elemento foto voltaica. Este gráfico foi calculado com base numa semana típica na Califórnia. É de notas que os picos de potência ocorrem ao entardecer e de manhã, o que está fora do período de máxima produção de energia dos painéis foto voltaicos. Utilizando elementos foto voltaicos em conjugação com as pilhas de combustível, podemos aproveitar a energia gerada para a transformar em hidrogénio para fornecer a habitação à noite, mas também abastecer os veículos eléctricos durante a noite.

A imagem seguinte, mostra o funcionamento de uma pilha de combustível, com possibilidade de funcionamento em electrólise e Pilha.

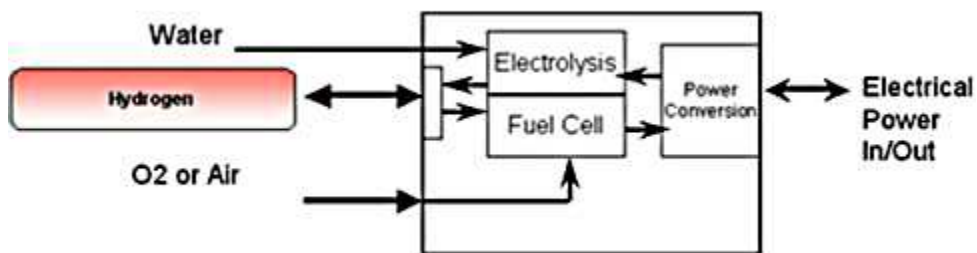


Ilustração 10- Pilha reversível(6)

No seguinte esquema, apresenta-se uma possível solução para habitação.

Neste caso é abastecida por um painel solar foto voltaico de 5 kw, uma pilha combustível e a rede.

Com a pilha reversível, existe a possibilidade de produzir hidrogénio.

Com este sistema conseguimos abastecer de electricidade a habitação e o veículo eléctrico e responder às necessidades de aquecimento,(6)

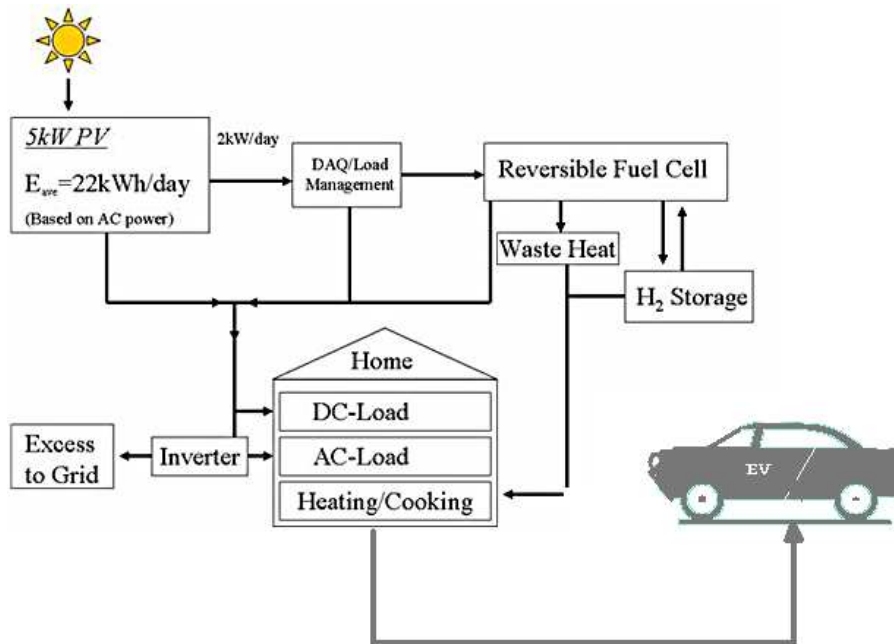


Ilustração 11- Solução para implementação de Pilhas em habitações(6)

2 Obras Citadas

1. **Silva, Vasco Sérgio Correia Freitas.** Células de combustível. *Células de combustível*. [Online] 2003. [Citação: 5 de 12 de 2008.] <http://celulasdecombustivel.planetaclix.pt/>.
2. **TECNOLOGIAS DE MICRO-GERAÇÃO E SISTEMAS PERIFÉRICOS,** . *Pilhas de combustível*. 2008.
3. **MOURA, PEDRO SOARES.** Hidrogénio e células de combustível. s.l. : Instituto de Sistemas e Robótica - Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 3030 Coimbra, 2009.
4. **autoblog.** green.autoblog.com. *green.autoblog.com*. [Online] 2006. green.autoblog.com.
5. **Aníbal T. de Almeida, Paula Fonseca, Ricardo J. Sousa Lima.** Células de combustível para uso residencial. 2009.
6. **National Fuel Cell Research Center.** National Fuel Cell Research Center. *National Fuel Cell Research Center*. [Online] 2010. <http://www.nfrcr.uci.edu/2/ACTIVITIES/PROJECTS/hydrogen/ElectrolyzerandReversibleFuelCell.aspx>.