

## 6

### Referências bibliográficas

- [1] A.J. Appleby, F.R. Foulkes, *Fuel Cell Handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York, NY, 1989.
- [2] Angelle, J.R., and Simon, W.E., 2002, Fuel Cell Power Generation for Residential and Commercial Applications with Waste Heat Recovery. Mechanical Engineering Department, University of Louisiana at Lafayette. Proceedings of the 2002 ASEE Gulf-Southwest Annual Conference, The University of Louisiana at Lafayette, March 20 – 22.
- [3] Boettner, D., Massie, C., and Massie, D., 2004, "Lessons Learned from Residential Experience with The authors are grateful to Gerald Caesar of the Advanced Proton Exchange Membrane Fuel Cell Systems for Combined Heat and Power," Proceedings of the ASME Fuel Cell Science, Engineering, and Technology Conference, pp 267-272.
- [4] CEG, Companhia Estadual de Gás, dados do gás natural do dia 12/04/2003.
- [5] Davis, Mark, "Parameters Affecting the Performance of a Residential-Scale Stationary Fuel Cell System", NISTIR 6848, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD (2002).
- [6] Do Val, L. G., Orlando, A. F., Siqueira, C.E.R., Oexmann, J., "Analysis of the co-generation potential of a 5 kW PEMFC from experimentally determined performance data", Second International Conference on Fuel Cell Science Engineering and Technology, ASME, USA, 2004.
- [7] DoDFuelCell, ERDC/CERL Programs, Department of Defense, 2003. Available from INTERNET via <http://www.dodfuelcell.com/proton.html>.
- [8] Ellis, M. W. and Gunes, M. B., 2002, "Status of Fuel Cell Systems for Combined Heat and Power Applications in Buildings," ASHRAE Transactions 108 Part 1.
- [9] Energy Nexus Group, 2002, Technology Characterization: Fuel Cells. Prepared for: Environmental Protection Agency, Climate Protection Partnership, Washington, DC.
- [10] FEMP, Technology Installation Review, Internet: [www.eere.energy.gov/femp](http://www.eere.energy.gov/femp).
- [11] "Fuel Cell Handbook," J. Appleby and F. Foulkes, Texas A&M University, Van Nostrand Reinhold, New York (out of print), republished by Krieger Publishing Co., Melbourne, FL, 1989.
- [12] Fuel Cell Handbook. EG&G Technical Services, Inc, U.S. Department of Energy.
- [13] 2003 Fuel Cell Seminar. Special Session on Fuel Cell Power Conditioning and International Future Energy Challenge.
- [14] Gigliucci, G., et al, 2004, "Demonstration of a Residential CHP System Based on PEM Fuel Cells," *Journal of Power Sources*, 131, pp 62-68.
- [15] Hirschenhofer, J.H., Stauffer, D.B., Engleman, R.R., and Klett, M.G., 1998, Fuel Cell Handbook, Fourth Edition, Department of Energy - Fossil Energy Technology Center, The California Hydrogen Business Council.

- [16] Hogens G., 2003, Fuel Cell Technology Handbook, CRC Press.
- [17] Holcomb, F., Davenport, B., Josefik, N., and Binder, M., 2004, "Results of a Residential Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cell Demonstration at a Military Facility in New York," ASHRAE Transactions, 110, Part 1
- [18] Khartchenko N.V., 1998, Advanced Energy Systems, Institute of Energy Engineering Technical University Berlin, Taylor & Francis.
- [19] Oexmann, J., 2003, Analysis of a 5 kW PEM Fuel Cell at the Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Project Work, Dept. of Mechanical Engineering, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil.
- [20] ONSITE SYCOM Energy Corporation, 2000, The Market and Technical Potential for Combined Heat and Power in the Commercial/Institutional Sector. Prepared for: U.S. Department of Energy Information Administration, Washinton, DC, Revision 1.
- [21] Orlando, A.F., Siqueira, C.E.R., and Do Val, L.G., 2003, Performance Analysis of a 5 kW PEM Type Fuel Cell with a Natural Gas Reformer, Proceedings of 17 th International Congress of Mechanical Engineering, November 10-14, São Paulo, SP, Brazil, Paper 1169.
- [22] Plug Power, Technical Reference Manual, 2001.
- [23] Pulgar, R.G., Matelli, J.A., and Oliveira Jr A.A.M., 2002, Influence of Natural Gas Reforming Processes on the Performance of a Fuel Cell, Proceedings of IX Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas, Paper CIT02-0666.
- [24] Resource Dynamics Corporation, 1999, Industrial Applications for Micropower: A Market Assessment. Prepared for: Office of Industrial Technologies U.S. Department of Energy, Washinton, DC and Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
- [25] Tecnologias de Micro-Geração e Sistemas Periféricos, 2 – Pilhas de combustível, seminarios.ist.utl.pt/04-05/des/material/tfarias\_mob.pdf
- [26] U.S. Department of Defense, 2005, U.S. DOD fuel cell demonstration program home page, cited Feb 18, 2005, available at <http://www.dodfuelcell.com>.
- [27] U.S. Department of Defense, 2005, U.S. DOD fuel cell demonstration program home page, cited Feb 18, 2005, available at [http://www.dodfuelcell.com/res/site\\_performance.php4](http://www.dodfuelcell.com/res/site_performance.php4).
- [28] Van Wylen, G.J., Sonntag, R.E., and Borgnakke C., 1995, Fundamentos da Termodinâmica Clássica, Tradução da 4a edição americana, Edgard Blucher
- [29] Virginia Tech Blacksburg, Department of Chemistry, 2002, VA, 26041-0212. Available from linternet via <http://learn.chem.vt.edu/tutorials/electrochem/nernst.html>.
- [30] Winkler, W., Thermodynamics, in High Temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design and Applications, S.C. Singhal and K. Kendall, Editors. 2003, Elsevier Ltd.: Oxford, UK. p. 53 - 82.
- [31] [www.enerview.com](http://www.enerview.com).

**Anexo I**  
**Composição do gás da CEG**

Tabela 36 - Composição do gás natural da CEG de dezembro de 2005



DIRETORIA TÉCNICA  
GERÊNCIA DE TECNOLOGIA E QUALIDADE  
SERVIÇO DE TECNOLOGIA DO GÁS



DIRETORIA TÉCNICA  
GERÊNCIA DE TECNOLOGIA E QUALIDADE  
SERVIÇO DE TECNOLOGIA DO GÁS

RAMAL METROPOLITANO															
	1-dez	2-dez	3-dez	4-dez	5-dez	6-dez	7-dez	8-dez	9-dez	10-dez	11-dez	12-dez	13-dez	14-dez	15-dez
+C <sub>6</sub>	0,0038	0,0033	0,0044	0,0025	0,0017	0,0012	0,0018	0,0015	0,0020	0,0024	0,0045	0,0047	0,0035	0,0031	0,0030
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,4979	0,3927	0,5280	0,4936	0,4667	0,3704	0,3826	0,3798	0,4987	0,4202	0,7460	1,0568	0,7093	0,6317	0,6091
IC <sub>4</sub>	0,0190	0,0180	0,0176	0,0105	0,0124	0,0095	0,0091	0,0081	0,0103	0,0111	0,0104	0,0055	0,0094	0,0089	0,0132
NC <sub>4</sub>	0,0369	0,0348	0,0349	0,0201	0,0210	0,0170	0,0162	0,0143	0,0188	0,0205	0,0202	0,0105	0,0172	0,0164	0,0221
IC <sub>5</sub>	0,0062	0,0058	0,0061	0,0032	0,0028	0,0025	0,0023	0,0019	0,0027	0,0032	0,0035	0,0018	0,0026	0,0024	0,0028
NC <sub>5</sub>	0,0069	0,0064	0,0069	0,0036	0,0029	0,0026	0,0024	0,0020	0,0029	0,0035	0,0039	0,0021	0,0027	0,0026	0,0029
N <sub>2</sub>	0,7925	0,7899	0,7767	0,7643	0,7636	0,7685	0,7743	0,7723	0,7447	0,7370	0,7250	0,7251	0,7349	0,7249	0,7336
CH <sub>4</sub>	95,4535	95,8435	95,1611	95,2217	95,4050	96,0687	95,9144	95,8521	95,0492	95,6682	93,9262	92,6213	94,2964	94,4799	94,4031
CO <sub>2</sub>	0,2923	0,2838	0,2892	0,2901	0,2947	0,2908	0,2989	0,3045	0,2831	0,2762	0,3063	0,3168	0,2838	0,2987	0,2890
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,8910	2,6218	3,1751	3,1904	3,0294	2,4689	2,5979	2,6635	3,3876	2,8576	4,2542	5,2555	3,9401	3,8313	3,9212
PCS	9044,2764	9012,2109	9068,5391	9059,3154	9044,5293	8992,3633	9001,3027	9004,0967	9074,7549	9031,0391	9167,2012	9271,0195	9140,6465	9122,1065	9127,3340
PCI	8155,7192	8125,7544	8178,3203	8169,6807	8155,8877	8107,1797	8115,5737	8118,1939	8184,0210	8143,1626	8270,3350	8367,2998	8245,5117	8228,2178	8233,0947
DENS	0,5810	0,5785	0,5825	0,5817	0,5807	0,5769	0,5778	0,5780	0,5826	0,5792	0,5895	0,5972	0,5873	0,5860	0,5864
Massa	0,6998	0,6968	0,7016	0,7007	0,6995	0,6949	0,6959	0,6962	0,7017	0,6976	0,7100	0,7193	0,7073	0,7059	0,7062
Z	0,9979	0,9979	0,9979	0,9978	0,9979	0,9979	0,9979	0,9979	0,9978	0,9979	0,9978	0,9977	0,9978	0,9978	0,9978
I.W	11865,5322	11849,0391	11881,5273	11877,5830	11868,4463	11839,0039	11842,1094	11842,9902	11889,6406	11866,7412	11940,1191	11996,8320	11927,6963	11915,9795	11919,5732

PCS (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
PCI (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
Z a 20° C e 1 atm.  
I.W. (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
Massa Especifica (Kg/m<sup>3</sup> ).  
Densidade ( Admensional )

PCS (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
PCI (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
Z a 20° C e 1 atm.  
I.W. (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
Massa Especifica (Kg/m<sup>3</sup> ).  
Densidade ( Admensional )

Tabela 37 - Composição do gás natural da CEG de janeiro de 2006



DIRETORIA TÉCNICA  
GERÊNCIA DE TECNOLOGIA E QUALIDADE  
SERVIÇO DE TECNOLOGIA DO GÁS



DIRETORIA TÉCNICA  
GERÊNCIA DE TECNOLOGIA E QUALIDADE  
SERVIÇO DE TECNOLOGIA DO GÁS

RAMAL METROPOLITANO															
	1-jan	2-jan	3-jan	4-jan	5-jan	6-jan	7-jan	8-jan	9-jan	10-jan	11-jan	12-jan	13-jan	14-jan	15-jan
+C <sub>6</sub>	0,0024	0,0028	0,0029	0,0047	0,0047	0,0038	0,0030	0,0019	0,0017	0,0023	0,0026	0,0026	0,0031	0,0031	0,0029
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,7316	0,7906	1,8087	0,9946	0,8438	0,7019	0,7268	0,6309	0,5894	0,6361	0,6505	0,7167	0,7742	0,6493	0,6843
IC <sub>4</sub>	0,0170	0,0239	0,0494	0,0266	0,0233	0,0229	0,0180	0,0125	0,0121	0,0148	0,0143	0,0145	0,0156	0,0162	0,0147
NC <sub>4</sub>	0,0272	0,0375	0,0701	0,0453	0,0421	0,0398	0,0291	0,0200	0,0190	0,0241	0,0234	0,0232	0,0252	0,0264	0,0235
IC <sub>5</sub>	0,0030	0,0042	0,0052	0,0061	0,0063	0,0054	0,0036	0,0022	0,0020	0,0028	0,0028	0,0025	0,0029	0,0031	0,0025
NC <sub>5</sub>	0,0031	0,0043	0,0049	0,0066	0,0069	0,0059	0,0038	0,0022	0,0020	0,0029	0,0028	0,0026	0,0030	0,0032	0,0025
N <sub>2</sub>	0,7357	0,7378	0,6464	0,6841	0,7372	0,7431	0,7127	0,7541	0,7566	0,7558	0,7192	0,7305	0,7116	0,7245	0,7261
CH <sub>4</sub>	93,4045	93,0661	87,2650	91,5921	93,3811	93,8137	93,4155	93,9836	94,2691	94,0965	94,1335	93,8671	93,6293	93,9380	93,4232
CO <sub>2</sub>	0,3237	0,3246	0,4212	0,3669	0,3007	0,3165	0,3270	0,3210	0,3106	0,2929	0,3041	0,3171	0,3131	0,3107	0,3171
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	4,7519	5,0081	9,7261	6,2730	4,6540	4,3470	4,7605	4,2718	4,0375	4,1719	4,1469	4,3233	4,5221	4,3256	4,8032
PCS	9197,7725	9226,7197	9690,5762	9343,7510	9214,9727	9172,1865	9200,5752	9147,7637	9126,8096	9145,8848	9148,2275	9166,5830	9190,6367	9160,3398	9195,0459
PCI	8298,9678	8326,0049	8759,0889	8435,2363	8314,9551	8275,0762	8301,5322	8252,3252	8232,7383	8250,4941	8252,6035	8269,8125	8292,2031	8263,9512	8296,3838
DENS	0,5921	0,5942	0,6286	0,6029	0,5930	0,5902	0,5921	0,5886	0,5869	0,5880	0,5880	0,5896	0,5911	0,5890	0,5917
Massa	0,7131	0,7157	0,7572	0,7261	0,7142	0,7108	0,7131	0,7089	0,7069	0,7082	0,7082	0,7102	0,7120	0,7094	0,7126
Z	0,9977	0,9977	0,9974	0,9976	0,9977	0,9978	0,9977	0,9978	0,9978	0,9978	0,9978	0,9978	0,9978	0,9978	0,9978
I.W	11953,5029	11969,2998	12221,5244	12033,6250	11966,5127	11939,3613	11956,9844	11923,7734	11913,3447	11927,0928	11930,4941	11937,5078	11953,7432	11935,7100	11954,1162

PCS (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
PCI (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
Z a 20° C e 1 atm.  
I.W. (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
Massa Especifica (Kg/m<sup>3</sup> ).  
Densidade ( Admensional )

PCS (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
PCI (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
Z a 20° C e 1 atm.  
I.W. (Kcal/m<sup>3</sup>) a 20° C e 1 atm.  
Massa Especifica (Kg/m<sup>3</sup> ).  
Densidade ( Admensional )

## **ANEXO II**

### **Lista de Gráficos e Tabelas**

**Dia 15/12/2005**

A fig. 21 mostra o número de moles de hidrogênio gerado pelo reformador.

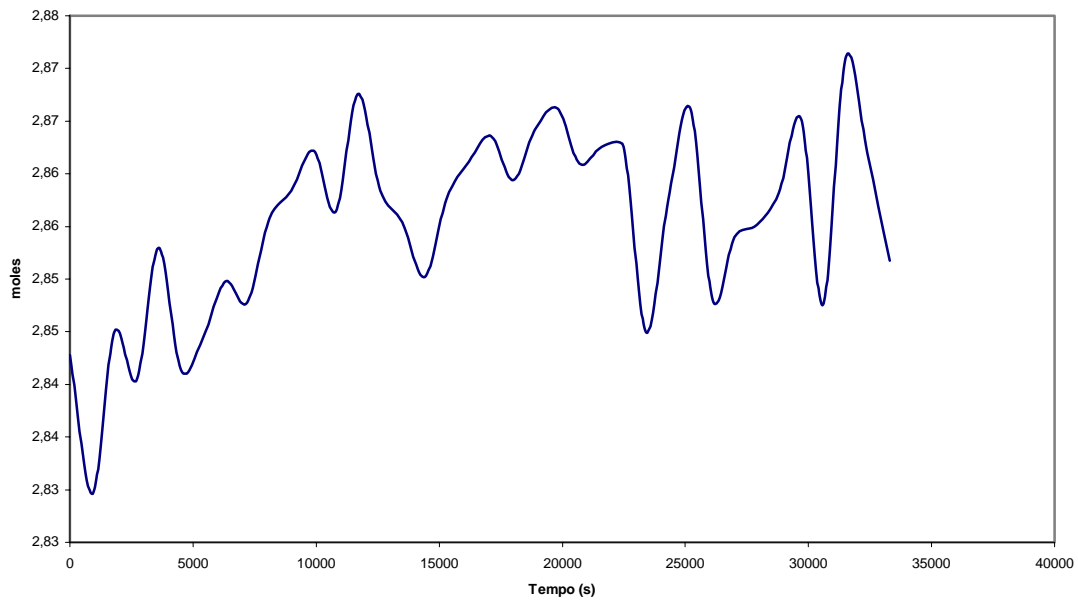


Figura 21: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (15/12/2005).

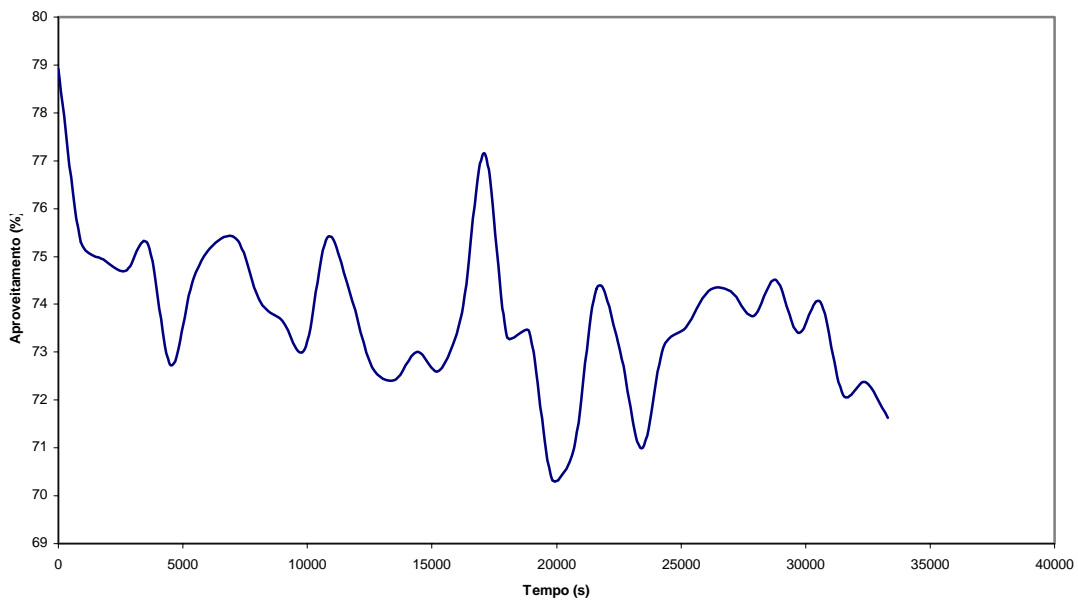


Figura 22: Aproveitamento da célula em função do tempo (15/12/2005).

## Balço de massa e energia

Tabela 38 – Resultados referentes à água.

T(s)	101 C	102 C	Q (kW)	Água (kg/s)
0				
900	44	47	5,68	0,50
1800	44	47	5,58	0,49
2700	45	47	5,35	0,47
3600	45	48	5,36	0,48
4500	45	48	5,38	0,47
5400	45	48	5,35	0,46
6300	46	48	5,54	0,47
7200	46	49	5,95	0,50
8100	47	49	5,43	0,47
9000	47	50	5,52	0,47
9900	47	50	5,06	0,44
10800	48	50	5,21	0,44
11700	48	50	5,57	0,47
12600	48	51	5,24	0,44
13500	48	51	5,51	0,46
14400	48	51	5,47	0,46
15300	48	51	5,60	0,46
16200	48	51	5,60	0,46
17100	49	52	5,47	0,43
18000	49	52	5,57	0,44
18900	49	52	5,61	0,46
19800	49	52	5,55	0,44
20700	49	52	5,32	0,42
21600	49	52	5,44	0,44
22500	49	52	5,31	0,43

Tabela 39 – Resultados referentes ao óleo.

<b>Propylene Glycol</b>			
<b>Entrada</b>	<b>Saída</b>	<b>Cp (kJ/kg*K)</b>	<b>Vazão (kg/s)</b>
57	45	3,70	0,13
58	45	3,70	0,12
58	45	3,70	0,11
59	45	3,70	0,10
59	45	3,70	0,10
58	45	3,70	0,11
57	45	3,70	0,12
57	46	3,70	0,15
57	47	3,70	0,15
57	47	3,70	0,15
58	47	3,70	0,12
60	48	3,71	0,12
58	48	3,71	0,15
58	47	3,70	0,13
58	45	3,70	0,11
58	49	3,71	0,16
59	49	3,71	0,15
59	49	3,71	0,15
59	49	3,71	0,15
59	49	3,71	0,15
59	49	3,71	0,15
58	49	3,71	0,17
58	48	3,71	0,14
58	48	3,71	0,15
58	48	3,71	0,14



Tabela 40 – Resultados referentes ao trocador de calor.

<b>Cf (kW/K)</b>	<b>Cq (kW/K)</b>	<b>Cr</b>	<b>q<sub>máx</sub> (kW)</b>	<b>e</b>
2,09	0,47	0,23	6,08	0,93
2,04	0,43	0,21	5,86	0,95
1,95	0,41	0,21	5,51	0,97
2,00	0,38	0,19	5,42	0,99
1,95	0,38	0,20	5,36	1,00
1,90	0,41	0,22	5,25	1,02
1,95	0,46	0,24	5,30	1,05
2,09	0,54	0,26	5,89	1,01
1,95	0,54	0,28	5,64	0,96
1,95	0,55	0,28	5,52	1,00
1,86	0,46	0,25	4,91	1,03
1,86	0,43	0,23	5,42	0,96
1,95	0,56	0,29	5,78	0,96
1,86	0,48	0,26	4,85	1,08
1,90	0,42	0,22	4,27	1,29
1,90	0,61	0,32	6,03	0,91
1,90	0,56	0,29	6,02	0,93
1,90	0,56	0,29	5,92	0,95
1,81	0,55	0,30	5,65	0,97
1,86	0,56	0,30	5,66	0,99
1,90	0,56	0,29	5,67	0,99
1,86	0,62	0,33	5,60	0,99
1,76	0,53	0,30	4,82	1,10
1,86	0,54	0,29	4,89	1,11
1,81	0,53	0,29	4,79	1,11

Pode-se observar uma efetividade média igual a 1 devido às incertezas de medições.

Dia 19/12/2005

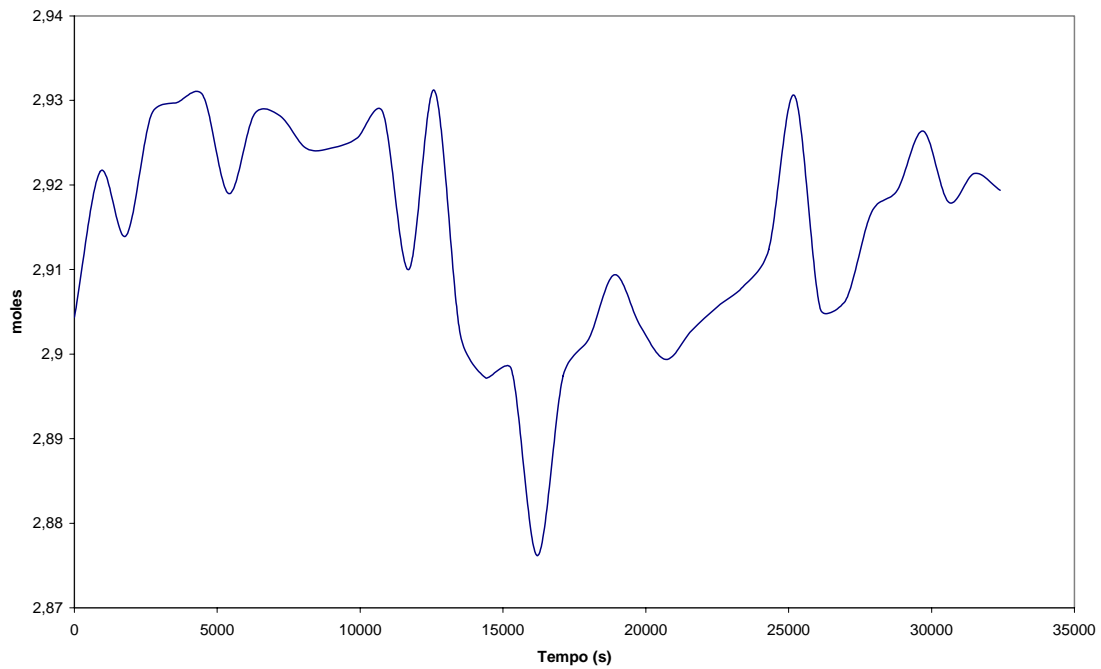


Figura 23: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (19/12/2005).

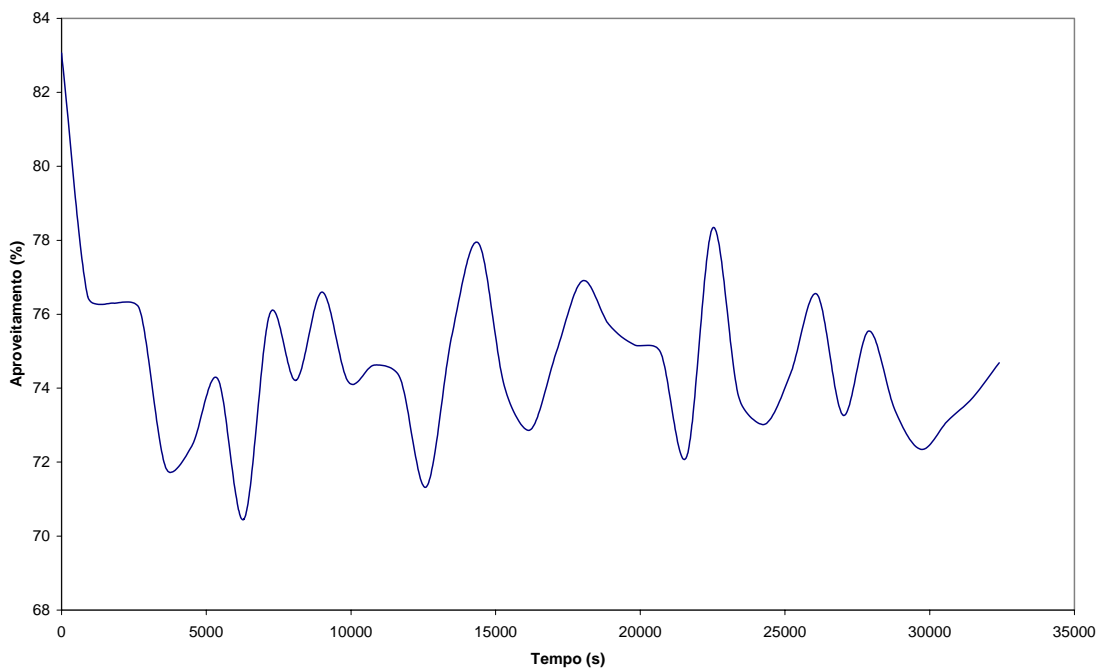


Figura 24: Aproveitamento da célula em função do tempo (19/12/2005).

**Dia 20/12/2005**

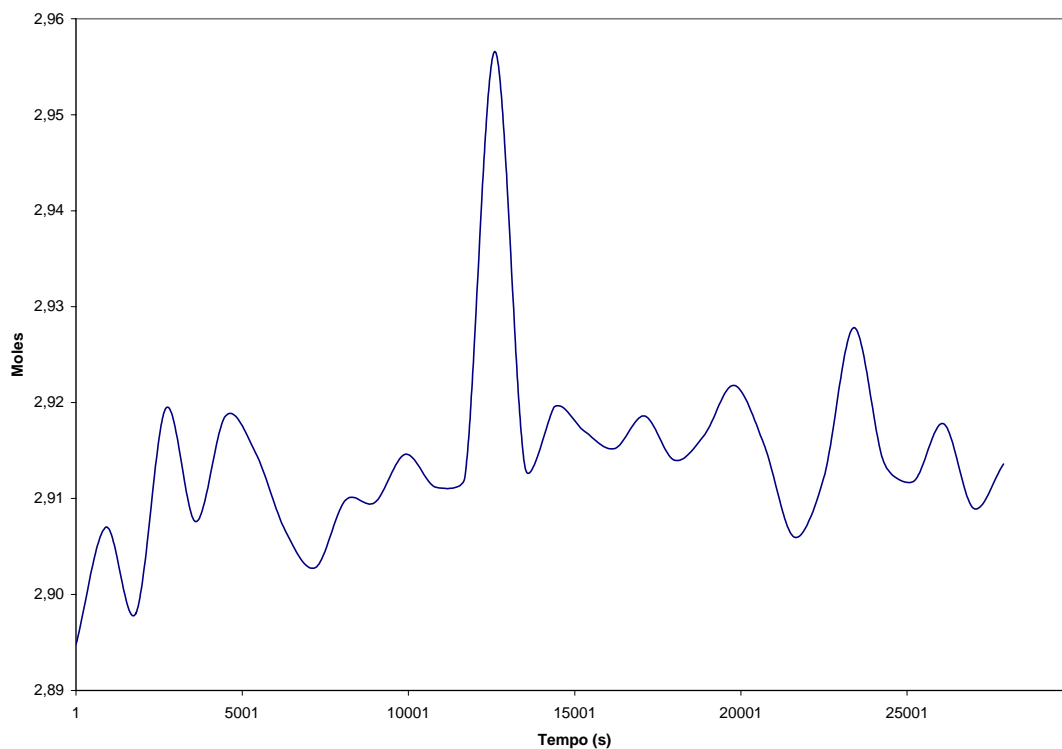


Figura 25: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (20/12/2005).

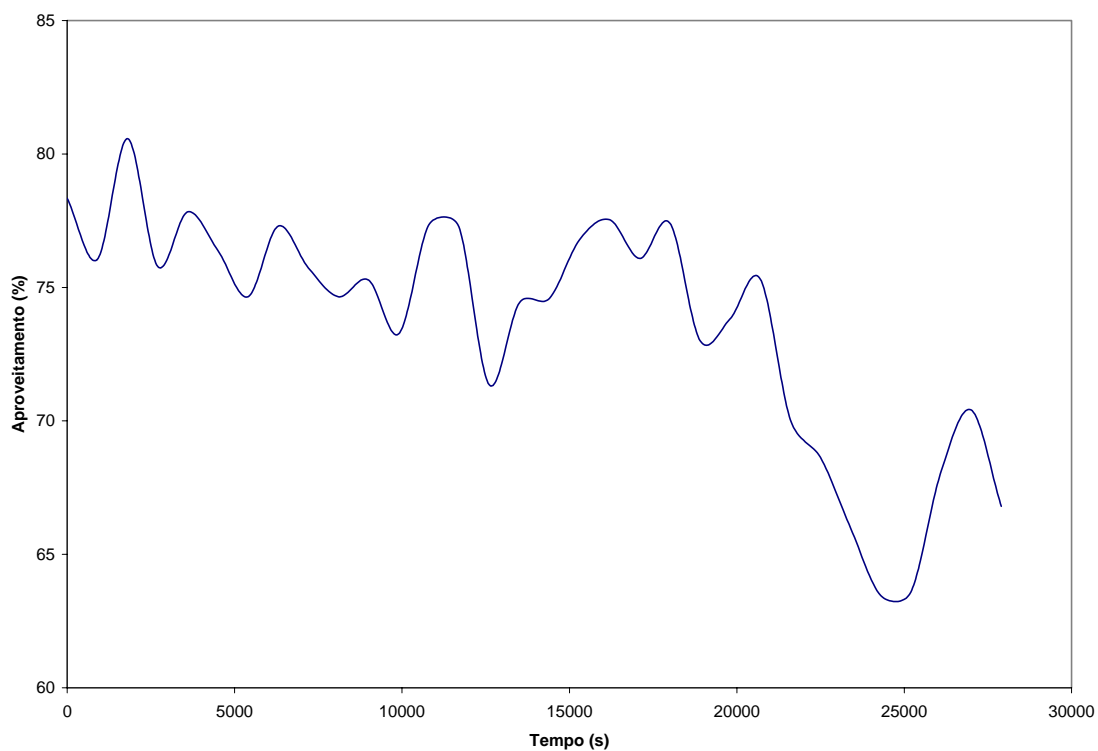


Figura 26: Aproveitamento da célula em função do tempo (20/12/2005).

**Dia 22/12/2005**

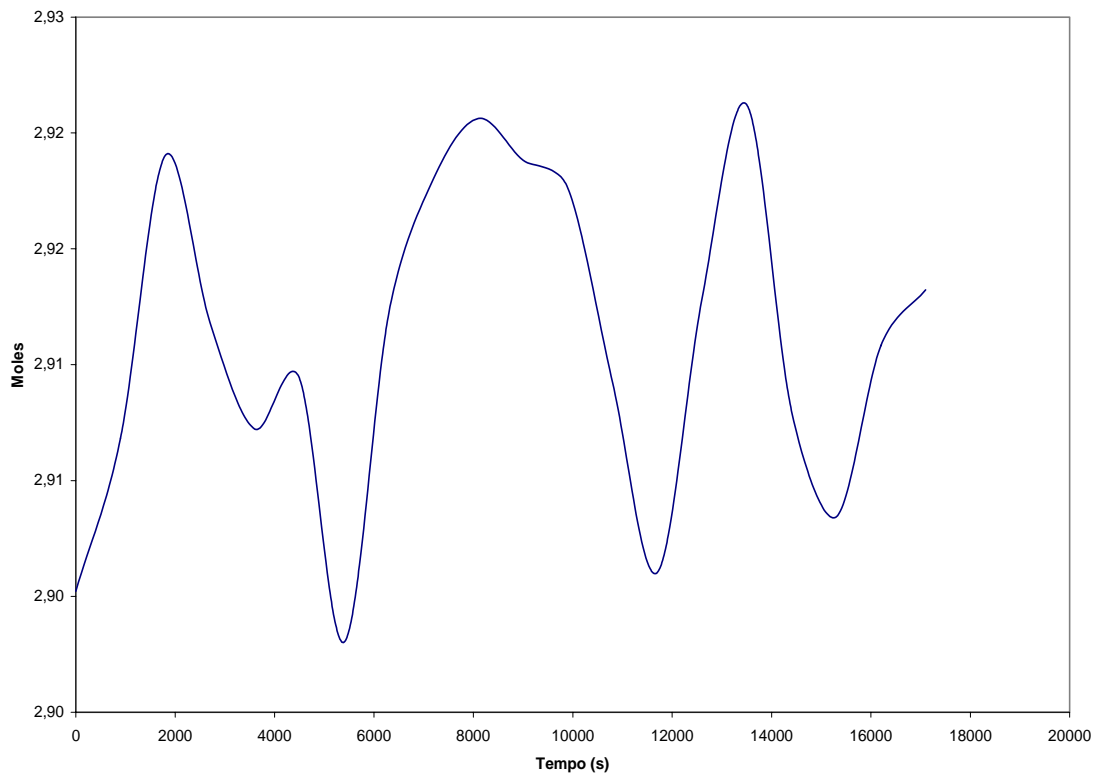


Figura 27: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (22/12/2005).

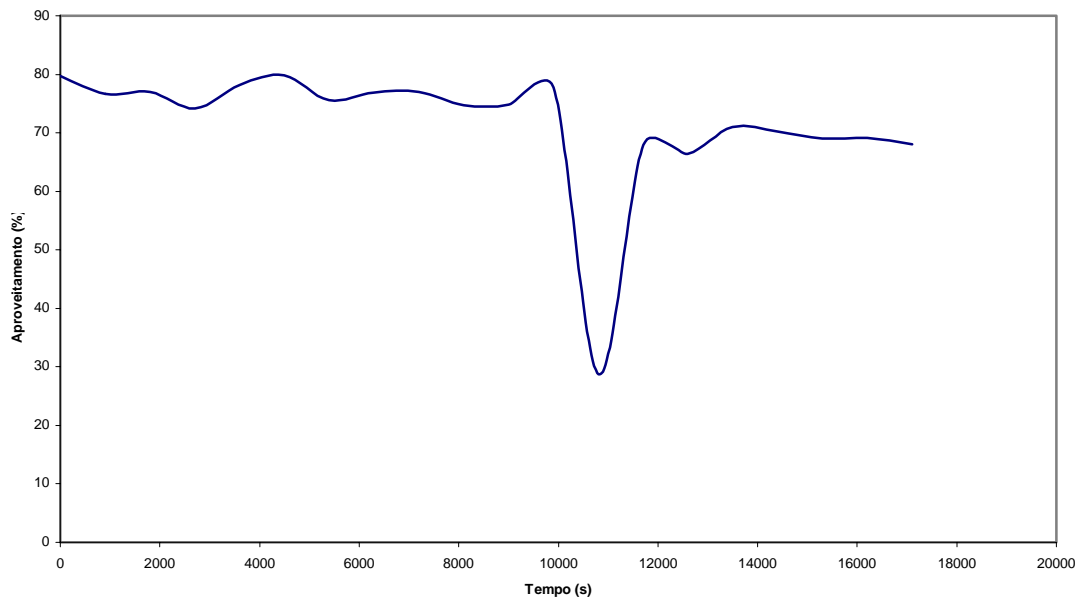


Figura 28: Aproveitamento da célula em função do tempo (22/12/2005).

Dia 26/12/2005

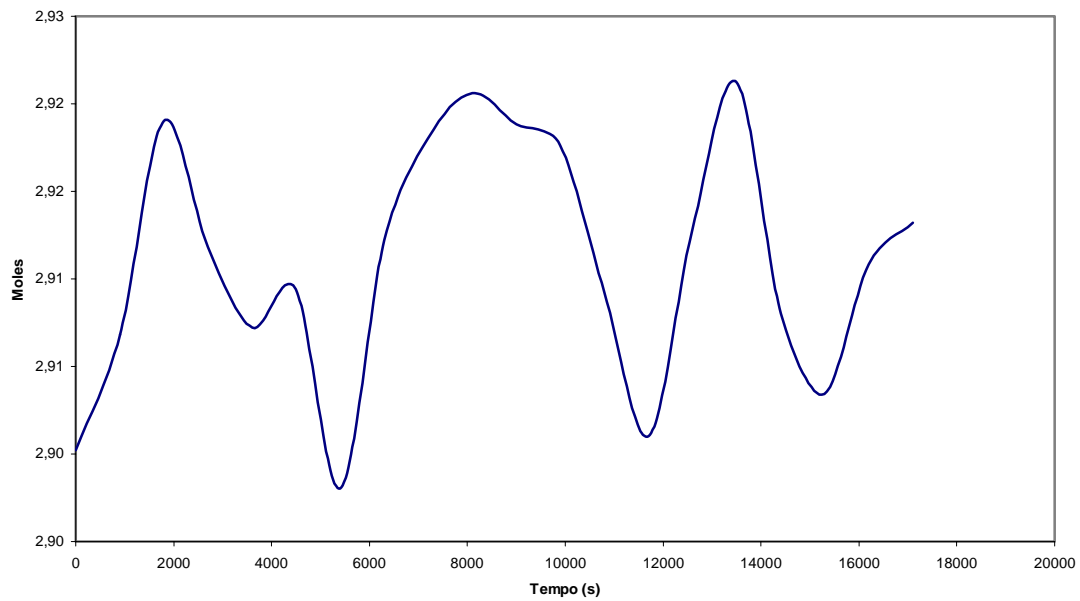


Figura 29: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (26/12/2005).

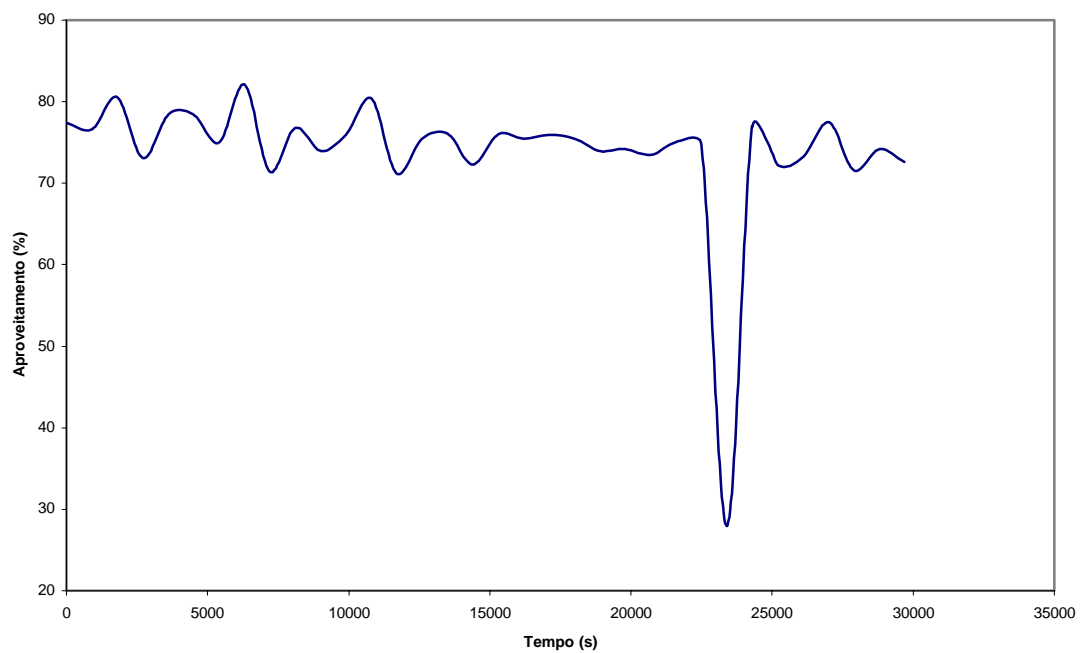


Figura 30: Aproveitamento da célula em função do tempo (26/12/2005).

**Dia 27/12/2005**

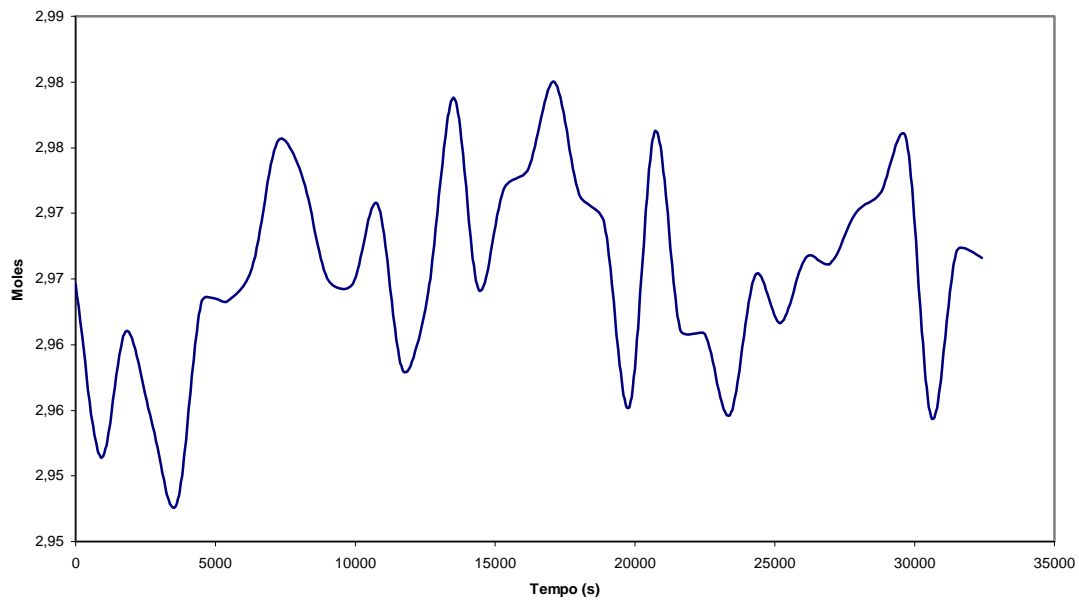


Figura 31: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (27/12/2005).

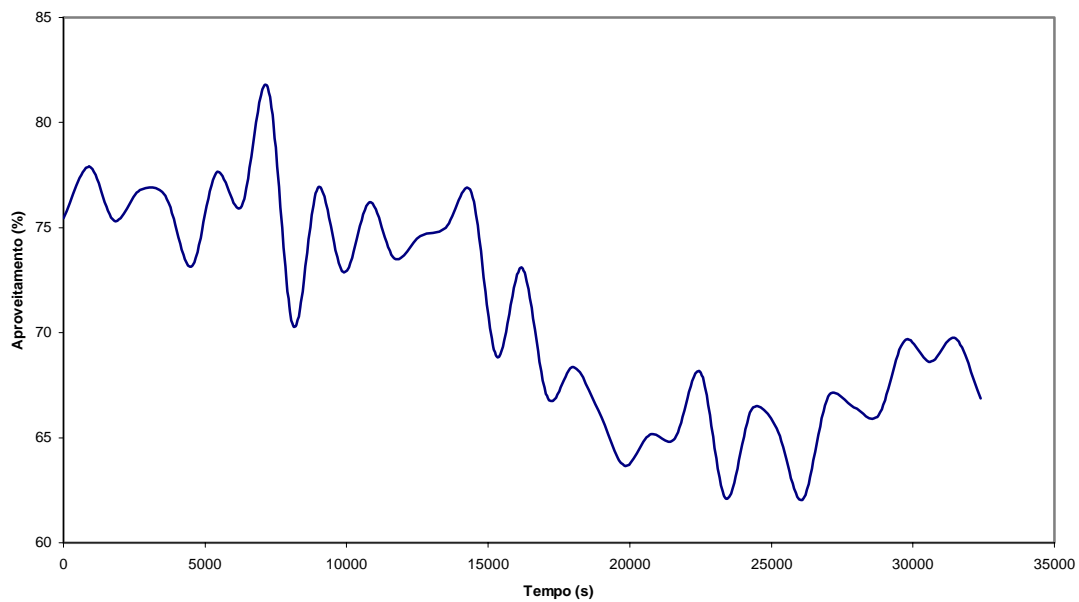


Figura 32: Aproveitamento da célula em função do tempo (27/12/2005).

**Dia 28/12/2005**

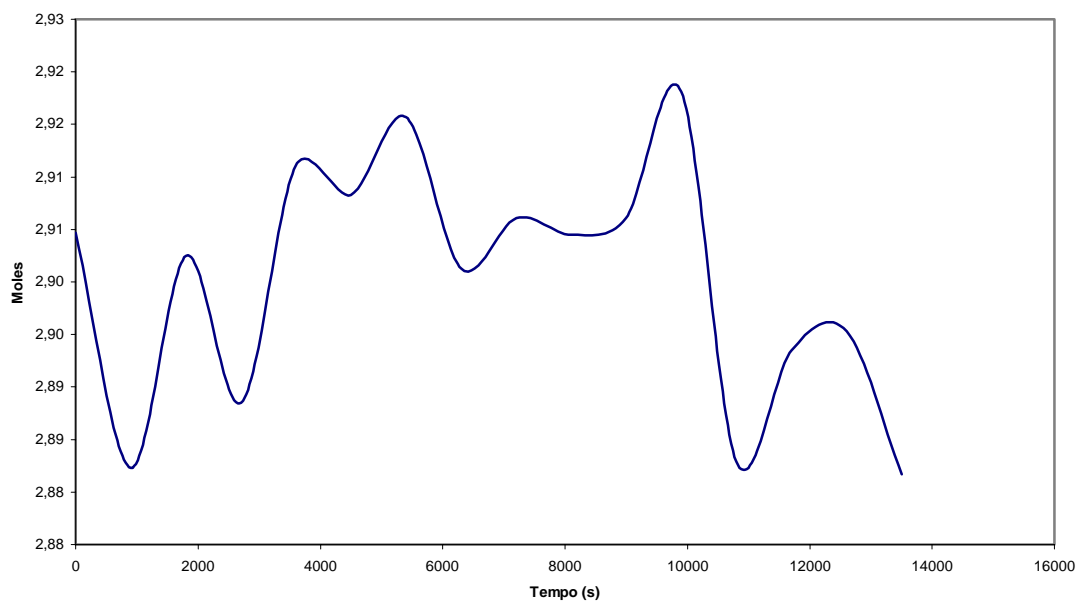


Figura 33: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (28/12/2005).

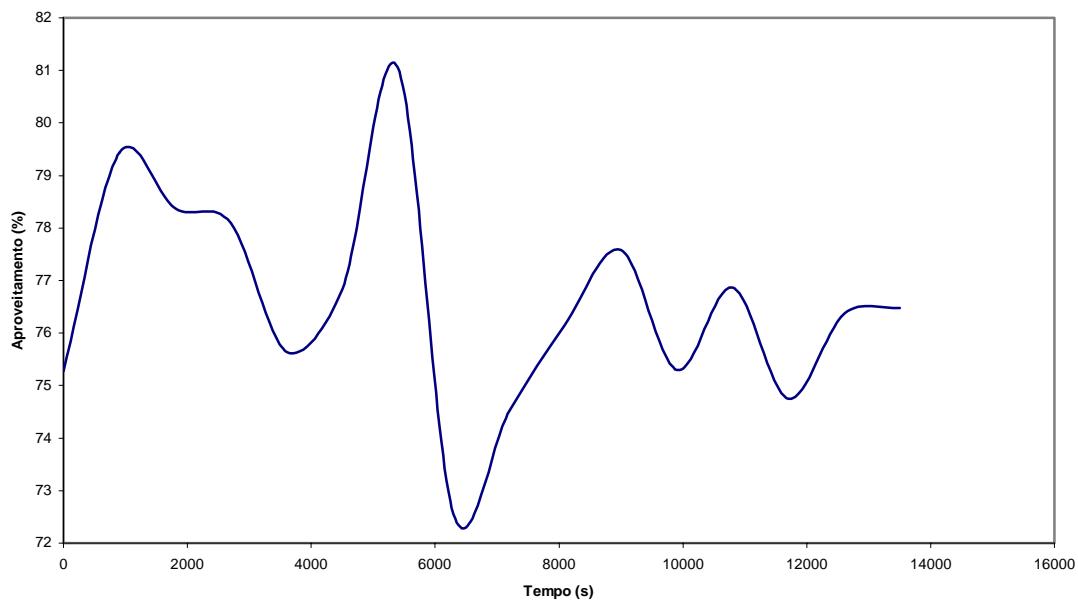


Figura 34: Aproveitamento da célula em função do tempo (28/12/2005).

**Dia 29/12/2005**

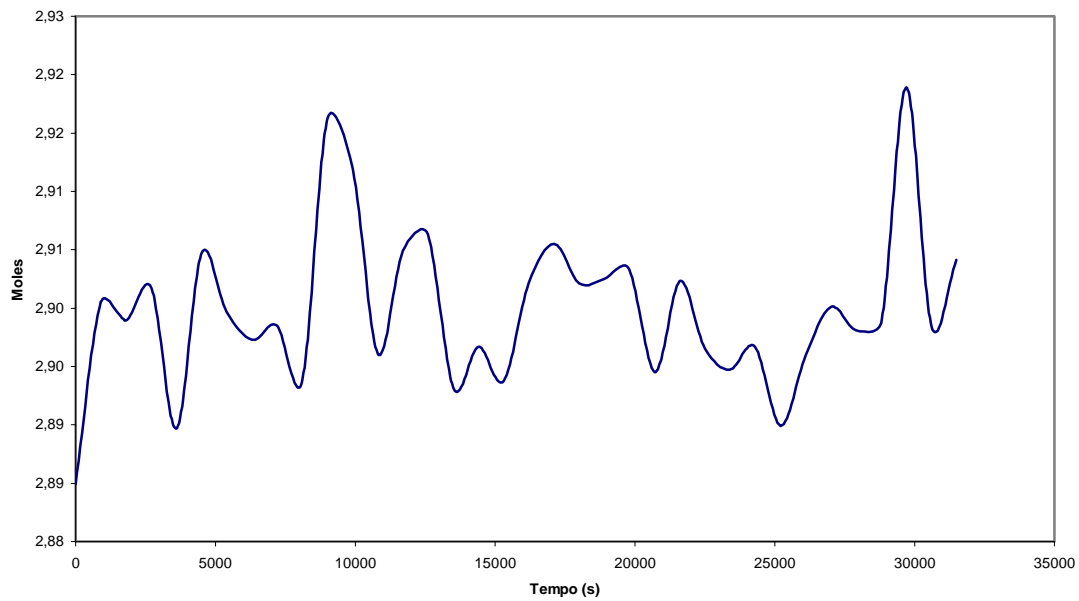


Figura 35: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (29/12/2005).

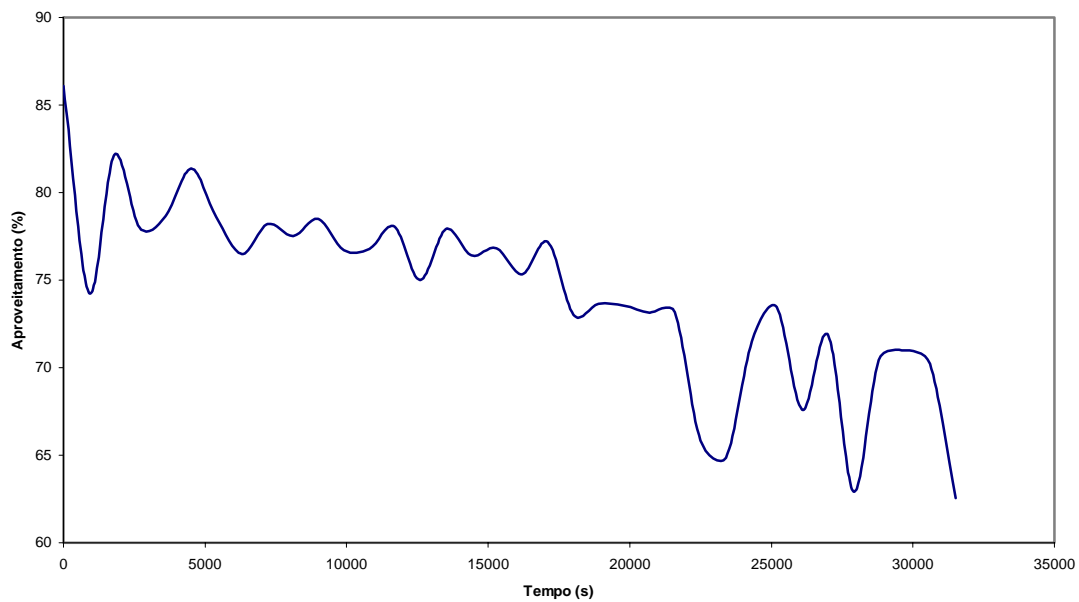


Figura 36: Aproveitamento da célula em função do tempo (29/12/2005).



**Dia 02/01/2006**

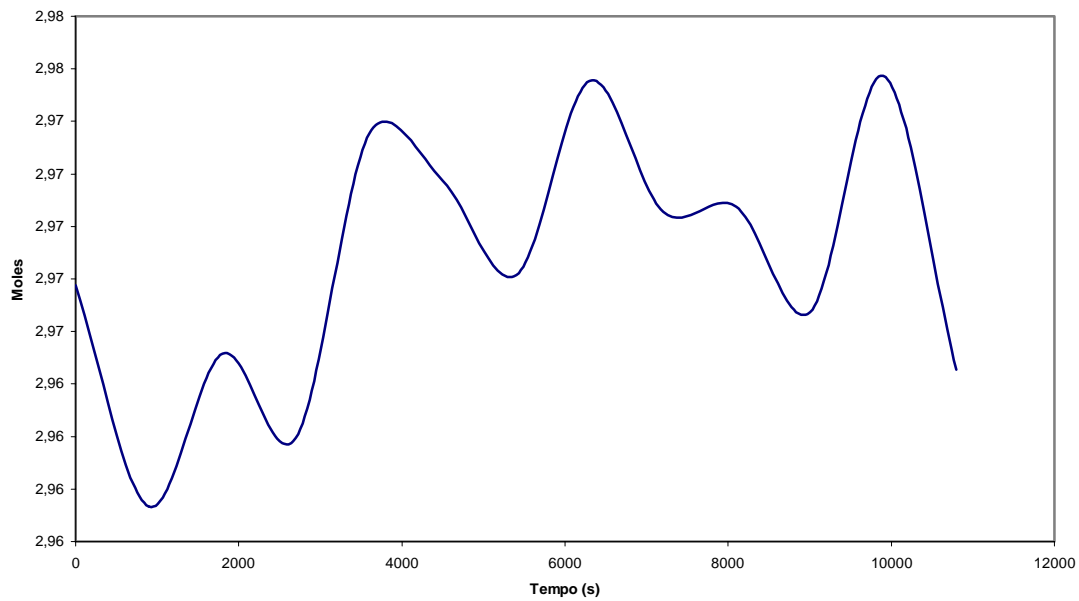


Figura 37: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (02/01/2006).

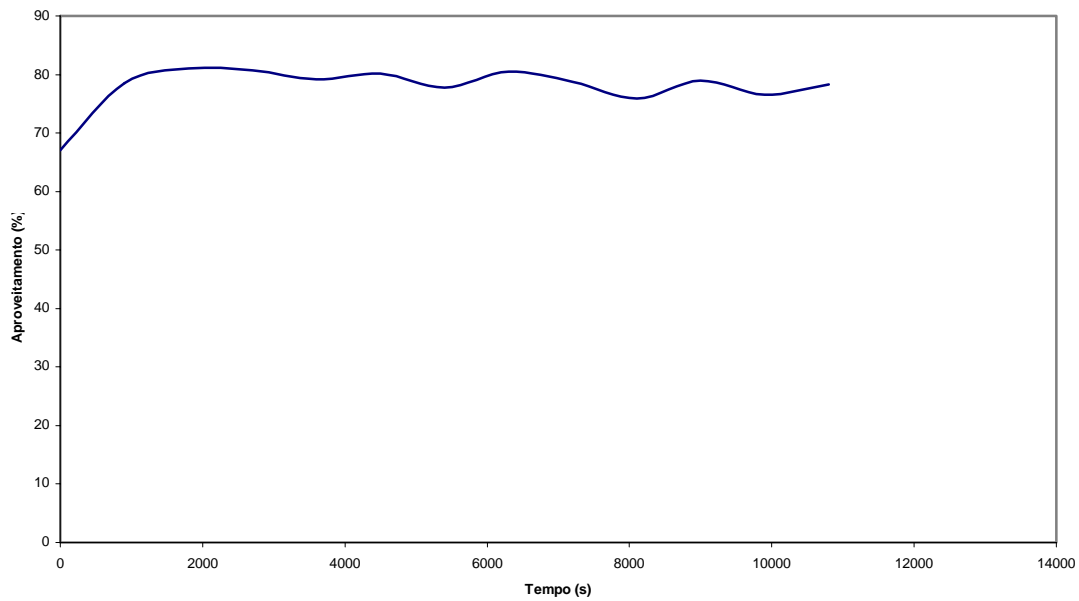


Figura 38: Aproveitamento da célula em função do tempo (02/01/2006).

**Dia 03/01/2006**

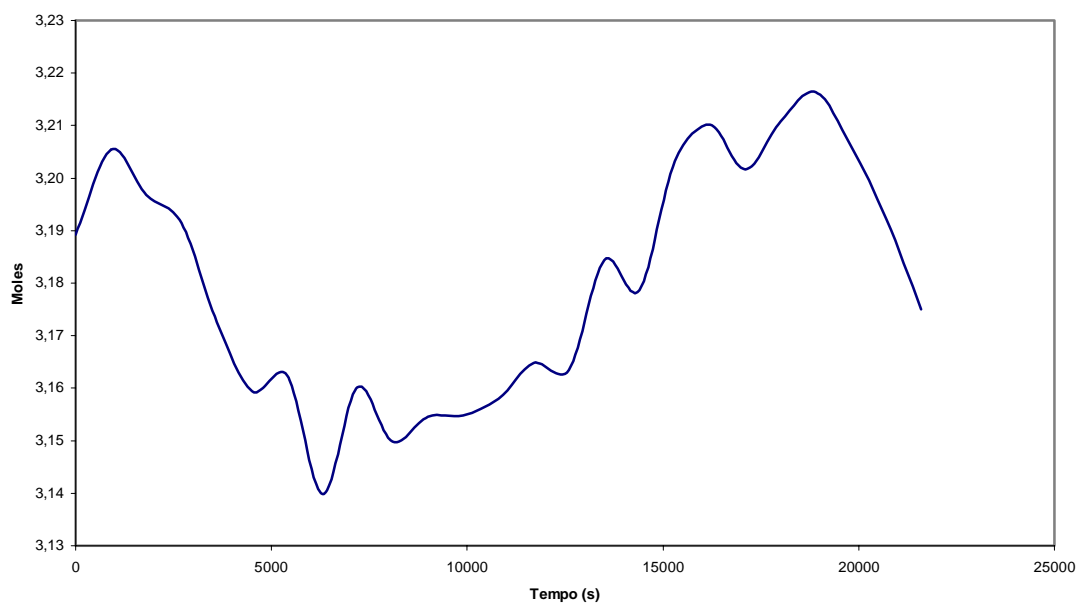


Figura 39: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (03/01/2006).

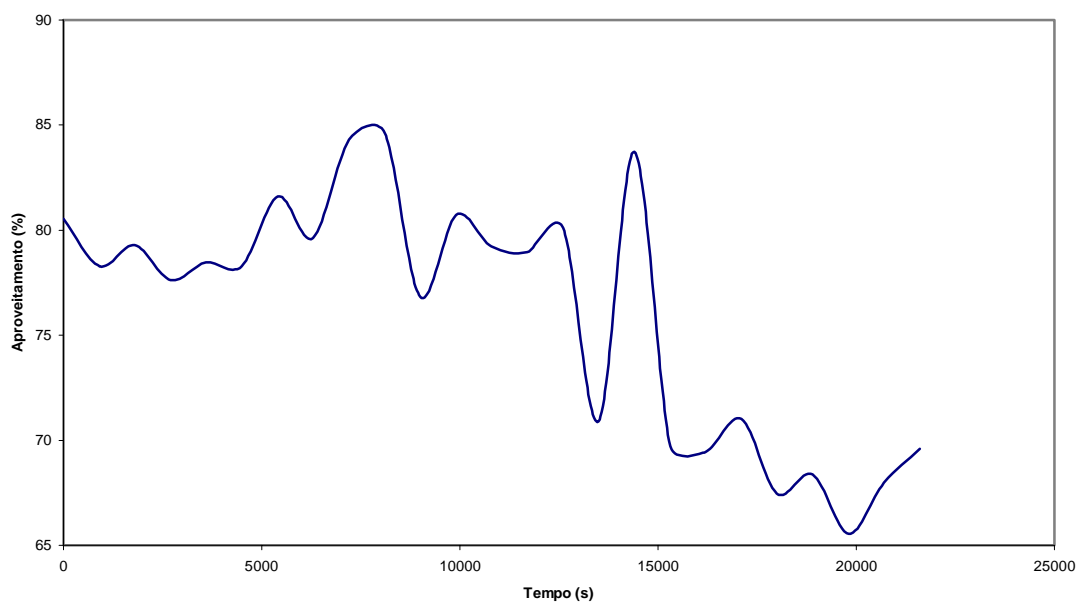


Figura 40: Aproveitamento da célula em função do tempo (03/01/2006).

**Dia 04/01/2006**

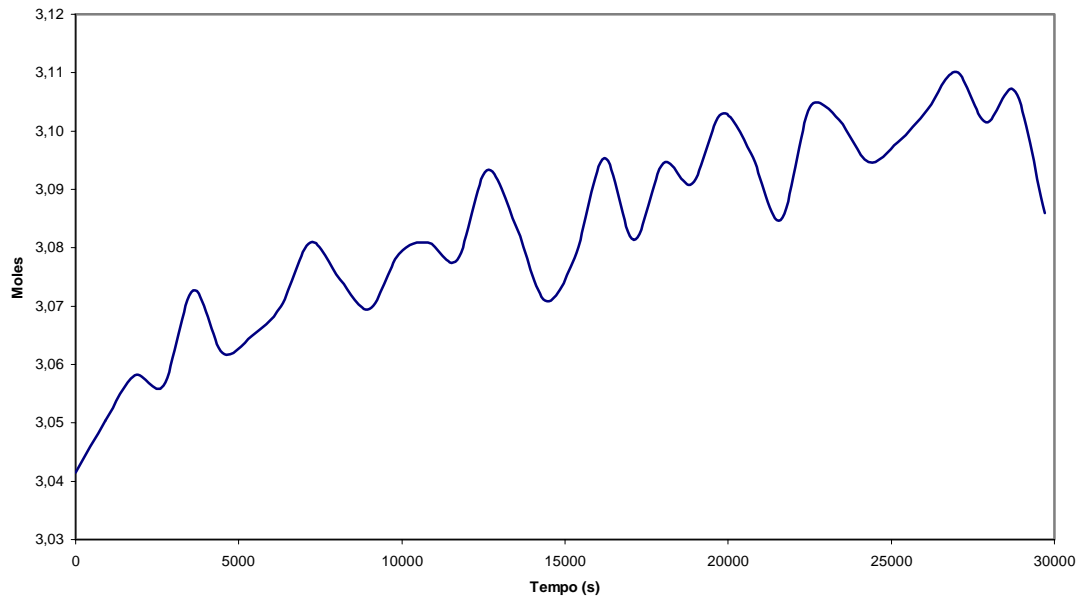


Figura 41: Número de moles de hidrogênio gerado no reformador em função do tempo (04/01/2006).

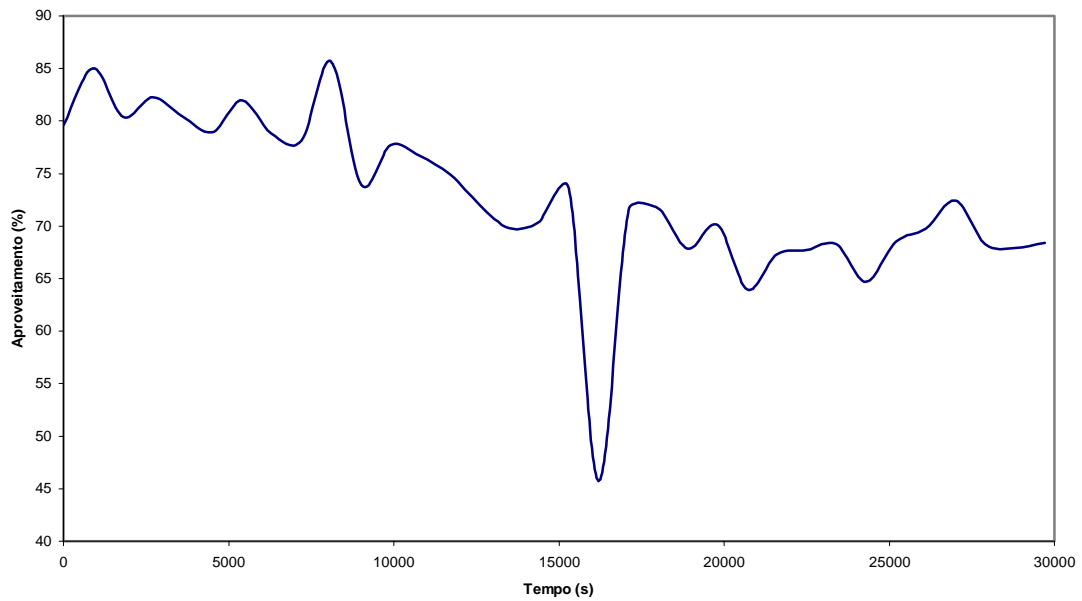


Figura 42: Aproveitamento da célula em função do tempo (04/01/2006).

## **Anexo III**

### **Proteções da célula de combustível**

## Proteções da Célula de Combustível

UPI (interrupções na potência repentinas) são causadas por falhas no equipamento e/ou migrações de processo que causam a interrupção do sistema prejudicando a geração de eletricidade AC. Esses eventos podem interromper temporariamente a geração de eletricidade ou desligar o sistema por completo. Todos os eventos que impactam no sistema são registrados pelo programa da célula no momento que eles ocorrem.

Esses eventos resultam de cinco causas principais:

- Problemas no ATO/CPO (37%) – falhas no ATO/CPO são causados pela remoção incompleta dos componentes sulfurosos do gás natural, o que causa conseqüentemente uma saída de metano do ATO. A reação catalisadora no ATO fica inconstante e resulta em uma incontrolável mudança de temperatura que desliga o sistema por completo.
- Problemas na pilha (23%) – eventos na pilha são atribuídos à uma grande variedade de causas como falhas no cartão de scanner (baixa tensão na célula), bombas e falhas nos termopares, baixo nível de resfriamento na pilha e pouca circulação de água DI. Problemas na pilha desligam a célula por completo.
- Problemas nos inversores (16%) – algumas interrupções dos inversores não são bem entendidas e se acredita que são causadas por uma interrupção de comunicações do programa. Flutuações na tensão da rede também desligarão a célula conforme projetadas. Quando o inversor espontaneamente desligar, a corrente DC é mantida, mas a geração da corrente AC é interrompida por 10 a 30 minutos.
- Problemas na bateria (10%) – quatro baterias dão suporte ao sistema de operação. Muitas das falhas da bateria ocorrem quando a tensão cai abaixo de 46 V, um evento que ocorre muito freqüentemente durante a partida da célula. Em ocasiões diversas, as falhas da bateria resultam de um aquecimento. Alertas da bateria desligam o sistema por completo.
- Problemas no umidificador (10%) – eventos no umidificador são causados principalmente por falhas no Sensor de Nível #5. Eventos nos umidificadores também são causados por uma falta de água DI. Falha no sensor pode levar a uma umidificação excessiva, a uma inundação

da pilha da célula ou uma grande quantidade de vapor para taxa de carbono.

UPI podem ser distinguidas de quando o sistema está inicializando ou quando elas ocorrem após o sistema ter alcançado o regime permanente da operação. Durante a inicialização do sistema, a unidade passa por testes de autodiagnósticos. Por todas as partes do processo, o sistema checa numerosos parâmetros para garantir segurança e funcionalidade. Como resultado, o sistema é mais propenso para ambos, tendo e reconhecendo cada evento durante a operação do sistema (o grande número de eventos de interrupções durante a inicialização é uma consequência do grande número de partidas realizadas pelo sistema. Com uma melhora do desempenho durante o regime permanente da operação, isso manterá o sistema ativo por mais tempo e evitará um grande número de problemas com partida). De todos os UPI, aproximadamente dois terços ocorrem após três horas de funcionamento causando uma reinicialização do sistema, enquanto que um terço ocorre durante as operações de regime permanente.

### **A UPI durante as operações de regime permanente**

A UPI's que ocorrem durante as operações de regime permanente são mais críticas para as células residenciais, pois os consumidores dependem de eletricidade sendo muito sensíveis às interrupções em regime permanente. Mesmo sendo um problema importante, interrupções durante a partida são menos críticas pelo fato do sistema operar em menos tempo. Além disso, o número de partidas do sistema será reduzido quando poucos desligamentos ocorrerem durante operações normais.

Esses UPI's ocorreram em função de problemas em quatro subcomponentes:

- Problemas na pilha (57%)
- Problemas no inversor (29%)
- Problemas na bateria (9%)
- Problemas no umidificador (6%)

O sistema SU-1 obtido pela Center é uma Unidade de Demonstração Tecnológica (TDU), a qual de acordo com a Plug Power é observada uma frequência de reparos. Com isso, pode ser vivenciado um período de baixo funcionamento o qual podem ser necessários a troca de componentes críticos e seu desempenho pode degradar a potência elétrica, a eficiência e as quantidade de emissões estipuladas para a unidade. Plug Power tem resolvido um grande número de questões técnicas

presentes nessas máquinas as quais diminuirão o número de UPI presente em máquinas atuais e futuras.

Desde que a Center obteve o sistema SU-1 em Maio de 2002, a Plug Power melhorou a tecnologia SU-1 que será utilizada na próxima geração Gensys. Como mostrado abaixo, os problemas foram reduzidos em dois. Em particular, a Plug Power tomou as seguintes medidas que irão impactar diretamente nos UPI identificados pelos testes.

Foram identificadas as causas dos problemas com temperaturas no ATO/CPO como uma questão de retirada de enxofre. Com relação à melhora da retirada de enxofre do equipamento combinada com uma melhor precisão de identificar o problema, atuais e futuras máquinas deverão ser menos suscetíveis à interrupções desse problema.

Troca do inversor PP10 para o inversor MP5. Diferente do PP10, a unidade MP5 permite a bateria ser carregada pela rede. Isso eliminará o potencial de drenagem das baterias antes de completar a partida, um problema que resultou em 9% de interrupções operacionais. Com isso, o inversor permite a célula funcionar independentemente da rede e seguir uma carga variável.