



CONSIDERAÇÕES DA ANÁLISE EXERGÉTICA EM TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Delly Oliveira Filho¹, Celso Shiguetoshi Tanabe² & José Márcio Costa³

RESUMO

É importante que o projeto de sistemas de energia seja concebido de modo que a qualidade da energia para uso final seja a melhor possível, evitando situações em que um suprimento de alta qualidade seja usado em um uso final de baixa qualidade como é, por exemplo, o aquecimento de água via energia elétrica. Na elaboração de tarifas de energia elétrica, vários parâmetros são considerados, dentre eles os sociais, políticos, estratégicos e de engenharia. Dentre os critérios da engenharia, a eficiência do sistema pode ser considerada uma das mais importantes - utilizações racionais de energia. Iluminação, aquecimento e força motriz, por exemplo, podem ser incentivados ou não pelos critérios de eficiência adotados. A eficiência de um sistema pode ser medida de duas maneiras: pela eficiência energética e pela eficiência exergética, embora esta não seja considerada atualmente como parâmetro na elaboração de tarifas de energia elétrica. Se considerações exergéticas, além das energéticas, fossem tomadas, haveria uma profunda mudança na matriz energética brasileira. Neste artigo foram estudadas as conseqüências de uma tarifa exergética aplicada nas tarifas de energia elétrica atualmente vigentes, tanto para a sociedade quanto para o consumidor e as concessionárias de energia elétrica.

Palavras-chave: tarifas, exergia, energia elétrica

CONSIDERATIONS OF THE EXERGETIC ANALYSIS ON ELECTRIC ENERGY RATES

ABSTRACT

It is important that the energy systems be designed in such a way that the quality of energy of a given end-use matches, as much as possible, the natural resources, avoiding situations where high quality energy be used by a given end-use of low quality. In the electric energy rates elaboration some parameters are considered, including social, political, strategic and engineering. Among the engineering criteria, the system efficiency may be considered as one of the most important. Rational utilization of the energy in lighting, heating and traction, for example, can be stimulated or not, by the efficiency criteria adopted. The efficiency in a system may be measured in two ways: energetic and exergetic efficiency. So far, the exergetic efficiency has not been considered as a criteria for the elaboration of electric energy rates. If exergetic considerations were adopted, beyond the energetic ones, there will be important changes in the Brazilian energetic matrix. This article deals with the evaluation of the consequences of the exergetic tariffs applied to the actual electrical energy systems for society as well as for customers and distributors.

Key words: rates, exergy, electrical energy

Recebido em 07/05/1999, Protocolo 046/99

¹ Ph.D. Eng. Elétrica, Prof. Adjunto, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36571 – 000, Viçosa, MG. Fax: (0xx31) 899 2735.
E-mail: delly@mail.ufv.br

² Doutorando Eng. Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Fax: (0xx19) 239 3722. E-mail: tanabe@fem.unicamp.br

³ Doutorando Eng. Agrícola, Universidade Federal da Viçosa, CEP 36571 – 000, Viçosa, MG. Fax: (0xx31) 899 2735.
E-mail: jmcosta@alunos.ufv.br

INTRODUÇÃO

Na expectativa da virada de século e com a estabilização econômica, os diversos setores da economia brasileira viram-se forçados a reduzir seus custos de produção, devido à acirrada competitividade que se instalou depois da abertura de mercado e à luta pela própria sobrevivência e com isso, houve considerável incremento na demanda de energia elétrica. O Brasil, tendo atravessado uma longa crise econômica, deixou de investir maciçamente em infra-estrutura no ritmo que seria necessário e, hoje, o sistema elétrico nacional encontra-se em déficit, em termos de quantidade de energia oferecida, com riscos até de blecaute nos horários de pico de consumo, por não conseguir ofertar energia suficiente.

De acordo com Ministério das Minas e Energia (Brasil, 1996) seria necessário, até o ano 2015, quase que triplicar a oferta de energia. Considerando o crescimento econômico e populacional projetado pelo IBGE (1995) até aquele ano, seriam necessários, aproximadamente, 200 bilhões de reais em investimentos.

Logicamente, um problema como esse não poderá ser solucionado com apenas uma medida, mas é preciso um conjunto de medidas que planejem o sistema elétrico de forma integrada. O planejamento integrado prevê ações tanto do lado do suprimento da demanda quanto do lado da sua utilização. O Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD) também conhecida pela sigla DSM (Demand Side Management) acarreta, em muitas situações, economia superior às ações do lado do suprimento.

Na maioria absoluta dos casos, a melhoria da eficiência e a utilização racional da energia são, em certos processos e em termos econômicos, menos onerosas que a produção de novas fontes energéticas, significando que os custos dos programas para racionalização de energia são, muitas vezes, menores que os custos para aumento da geração.

Existe, atualmente, um outro conceito de avaliação do uso da energia, que leva em conta critérios não somente tradicionais como da quantidade de energia mas, também, o conceito da qualidade dessa energia, ou seja, a exergia.

A eficiência em um processo qualquer era tradicionalmente medida somente pelo Primeiro Princípio da Termodinâmica (PPT) em que se consideram apenas níveis quantitativos, ou seja, a eficiência energética é dada pela relação entre a energia de entrada e a energia de uso final. Considerando o Segundo Princípio da Termodinâmica (SPT) a eficiência de um processo é a possibilidade de realização de trabalho, isto é, a eficiência exergética é dada pela relação entre energia útil e a realização de trabalho possível, por meio dessa energia.

O setor de energia elétrica tem ignorado virtualmente, considerações exergéticas no planejamento de sistemas devido, principalmente, à falta de familiaridade com o SPT e de todas as implicações dele decorrentes (Oliveira Filho & Galiana, 1995). Acredita-se que o fato ocorre, em parte, devido à dificuldade de se aplicar em considerações exergéticas no planejamento integrado de recursos energéticos.

Modificações na utilização final da energia que visem ao aumento da eficiência exergética e também modificações no atual sistema de tarifas de energia elétrica, podem alterar, de forma significativa, o *modus operandi* do planejamento de sistemas de energia.

O Brasil, detentor de grandes áreas agricultáveis, poderia ser uma potência agrícola mundial se contasse com custos produtivos e incentivos adequados. Na questão dos custos para produtos agrícolas nobres exportáveis, uma grande parcela advém das contas de energia elétrica, uma vez que esse tipo de cultura necessita de irrigação; também para a produção agrícola em certas áreas, como o norte de Minas Gerais e, praticamente, todo o Nordeste, a irrigação é de vital importância para que haja alguma produção, devido aos baixos níveis de precipitação.

Sendo a irrigação uma atividade com eficiência tanto quantitativa quanto qualitativamente alta, poderia ser oferecida uma tarifa de energia elétrica mais econômica para esse setor. Para que tal situação ocorra, é necessária uma análise da matriz energética brasileira, além de se conhecer e analisar cada um dos processos de utilização de fontes energéticas, não somente da energia elétrica, mas também de outras fontes, propor opções justas do ponto de vista exergético, para uma adequada utilização de alguns dos recursos disponíveis e, ainda, uma alternativa de cálculo de tarifas exergéticas para os diversos setores econômicos.

O objetivo deste trabalho é avaliar as implicações da utilização da análise exergética nas tarifas de energia elétrica.

A situação atual

O Brasil consumiu, no ano de 1995, cerca de 244.000 GWh (FGV, 1996). Considerando quatro cenários de crescimento econômico e populacional, para o ano 2015 seriam necessários entre 700 a 1.500 TWh de energia elétrica (Brasil, 1996); portanto, até o ano de 2015 seria necessário, no mínimo, triplicar a oferta de energia dos níveis atuais.

Usinas hidrelétricas atualmente em construção, como a Usina de Nova Ponte, no Triângulo Mineiro, com capacidade de 510 MW e custo aproximado de 1 bilhão de dólares (CEMIG, 1996a) têm como média de custo aproximadamente US\$ 2.000 kW⁻¹. Supondo que cada kW seja capaz de gerar, durante um ano, aproximadamente 5.000 kWh; então, para gerar 700 TWh seriam necessários 140 GW e aproximadamente 270 usinas, como a de Nova Ponte, ou seja, um investimento de mais ou menos US\$ 270 bilhões para atender às necessidades até o ano 2015.

A certeza de que o país não dispõe desses recursos faz com que se procurem outras maneiras de solucionar e, ou amenizar o problema. As necessidades energéticas poderiam ser utilizadas mais racionalmente, de modo que se obtenha maior aproveitamento dessa energia.

Eficiência como critério de planejamento

Consideram-se três perspectivas para a implementação de uma estratégia de planejamento: a das concessionárias, a dos consumidores e a da sociedade.

Do ponto de vista das concessionárias de energia elétrica, o objetivo principal é melhorar a performance financeira, incluindo o uso máximo possível das capacidades de geração e transmissão, a prorrogação do prazo dos planos de expansão para geração e transmissão e a redução da dependência de combustíveis críticos; já do ponto de vista dos consumidores, o principal foco de interesse é o valor da energia (tarifa) e a confiabilidade do fornecimento.

A sociedade está interessada, basicamente, no desenvolvimento macroeconômico (ex.: criação de empregos, desenvolvimento da nação e aumento na arrecadação de impostos), regulação das tarifas e índices de confiabilidade, objetivos estratégicos da nação (ex.: redução da dependência de combustível) e minimização de danos ambientais (emissões para atmosfera, uso da terra e deposição de rejeitos) (Wang & Deluchi, 1992; Lee & Darani, 1995 e Sioshansi, 1995).

Segundo Oliveira Filho (1995), o planejamento de sistemas de energia elétrica a longo prazo é realizado de acordo com alguns critérios básicos interrelacionados, como: custo, confiabilidade, impacto ambiental e eficiência. O peso que se atribui a cada um desses critérios básicos depende do contexto histórico, variando com o passar dos anos.

Termodinamicamente, a eficiência de um processo pode ser quantificada por duas maneiras: eficiência energética e eficiência exergética, em que a primeira é proveniente do PPT enquanto a eficiência exergética se origina do SPT.

Nos sistemas de energia elétrica, a eficiência é normalmente definida de acordo com o PPT e no planejamento de sistemas de energia elétrica pode ser ampliada, para também incluir a interpretação de acordo SPT (Oliveira Filho, 1995).

A eficiência exergética diferencia a qualidade da energia, ou seja, o seu emprego no uso final, com menor degradação da energia. O termo exergia expressa a capacidade da energia em realizar trabalho. Em processos de transformação de energia a capacidade de realizar trabalho diminui; portanto, à medida que é transformada a energia, implica geração de irreversibilidade (Brzustowski & Golem, 1977).

Para ilustrar o quanto esses dois tipos de medida de eficiência, eficiência energética e exergética, são diferentes, é dado este exemplo: num processo em que se faz o aquecimento de água a baixa temperatura (chuveiro elétrico) a eficiência energética é de aproximadamente 80%, enquanto a exergética não ultrapassa 7%, isso se deve ao fato de que, com a água aquecida a baixa temperatura (de 20 para 40°C) é muito pequena, a possibilidade de realização de trabalho. Esse valor não implica deixar de prover o serviço, ou melhor, não se está querendo deixar de aquecer a água ou qualquer outro processo em que a eficiência exergética seja baixa; o que se propõe é que haja uma mudança em que finais sejam supridos por fontes compatíveis de energia, por exemplo, para aquecer a água não se deveria utilizar uma energia de alta qualidade como a energia elétrica, pois o aquecimento de água é um processo com baixo rendimento exergético. O problema, porém, seria melhorado se fosse utilizado o gás natural, ou até o liqüefeito de petróleo, em cujos processos o rendimento exergético seria elevado a níveis bem maiores que aqueles, que tem como fonte a energia elétrica.

No caso de motores eficientes de 10 kW, a eficiência energética pode ser considerada como de cerca de 87%, enquanto exergética, de 92%, enquanto as eficiências da análise via PPT são de 80 e 87% (valores da mesma ordem de grandeza), via SPT são de 7 e 92% (valores bem distintos). Esse constitui um exemplo claro da alta discrepância possível entre as eficiências energética e exergética e da significativa perda irreversível da exergia, até em processo que é 100% energeticamente eficiente, como no caso do chuveiro elétrico (Krenz, 1980; McGovern, 1990 a e b; Klenke, 1991; Oliveira Filho & Galiana, 1995).

Cálculo de tarifas de energia elétrica, considerando a eficiência exergética

Para calcular tarifas exergéticas em função do planejamento do uso da energia elétrica, considerou-se que:

- o total a ser arrecadado pelas concessionárias foi constante;
- o total a ser consumido por cada setor econômico também foi constante. Observe que essa hipótese pode não se verificar em algumas situações, haja vista a possibilidade do mercado e comportar de uma outra forma;
- o valor da tarifa exergética calculada foi inversamente proporcional ao rendimento exergético estimado;
- o rendimento exergético para cada setor foi estimado por meio do rendimento para cada um dos usos finais de cada atividade considerada;
- os rendimentos exergéticos de cada um dos usos finais foram diferenciados para cada um dos setores econômicos, a fim de representarem as particularidades de cada um deles.

A equação a seguir, citada por Tanabe et al. (1997), é utilizada para calcular a tarifa exergética para o setor econômico i:

$$T_i = \frac{T_m}{\varepsilon_i} \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{\sum_{j=1}^n \varepsilon_j} \quad (1)$$

em que:

- T_m - tarifa média de todos os setores econômicos atualmente em vigor
- ε_i - eficiência exergética do setor i
- C_j - consumo do setor j, expresso como fração do consumo total
- ε_j - eficiência exergética do setor econômico j

Note-se que, para a elaboração da Eq. 1, supõe-se que a quantidade a ser cobrada pela concessionária de energia seria a mesma depois da implementação das tarifas exergéticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 traz a estimativa do consumo de energia elétrica nos diversos setores econômicos de Minas Gerais. Consideram-se três usos finais principais da energia elétrica: aquecimento, tração e iluminação. Percebe-se que os setores industrial e residencial respondem por cerca de 85 % do total consumido.

Tabela 1. Estimativas do consumo de energia elétrica final dos setores econômicos em Minas Gerais

Setor Econômico	Consumo energético em uso final (%)			Total (%)	Consumo energético (% kWh)
	AQU	TRA	ILU		
Irrigação	---	100	---	100	1
Comercial	20	30	50	100	14
Industrial	10	75	15	100	60
Residencial	45	35	20	100	25

Obs.: AQU = Aquecimento; TRA = Tração; ILU = Iluminação

Na Tabela 2 apresentam-se eficiências exergéticas reais para os usos finais nos setores econômicos do Estado de Minas Gerais, a eficiência exergética média e a tarifa média por setor. Foi considerada uma tarifa elétrica média de R\$ 76,02 MWh⁻¹ (CEMIG, 1996b).

Tabela 2. Eficiências exergéticas para os usos finais dos setores econômicos em Minas Gerais

Setor Econômico	Eficiência Exergética			Tarifa Exergética (*) R\$ MWh ⁻¹	
	Média de Uso Final (%)				
	AQU	TRA	ILU		
Irrigação	---	80	---	80	46,71
Comercial	19	70	8	29	128,87
Industrial	26	90	8	71	52,64
Residencial	8	60	6	26	143,74

* Considerando uma tarifa de energia elétrica média de R\$ 76,02 MWh⁻¹ para o Estado de Minas Gerais
Obs.: AQU = Aquecimento; TRA = Tração; ILU = Iluminação

A eficiência exergética média dos setores foi calculada segundo a Eq. 2,

$$\epsilon_i = \sum_{j=1}^n \epsilon_{uj} C_j \quad (2)$$

em que:

- ϵ_i - eficiência exergética do setor i
- ϵ_{uj} - eficiência exergética do uso final para cada setor considerado
- C_j - consumo energético em uso final

Na Tabela 3, são apresentados os valores das tarifas médias praticadas pela CEMIG no ano de 1995 (CEMIG, 1996) e os valores das tarifas exergéticas, calculadas a partir das informações contidas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 3. Comparação entre tarifas exergéticas calculadas e tarifas elétricas praticadas

Setor Econômico	Tarifa R\$ MWh ⁻¹	
	Exergética	Praticada
Irrigação	46,71	86,60
Industrial	52,64	58,70
Comercial	128,87	138,84
Residencial	143,74	113,99

Nota-se, na Tabela 3, que a tarifa exergética calculada para a irrigação foi a mais baixa, devido à sua alta eficiência exergética. Propõe-se, então, que o setor industrial deva, como um todo, ser taxado por uma tarifa relativamente baixa, porém o setor residencial é exergeticamente menos racional em razão, principalmente, da baixa eficiência do processo de aquecimento de água sendo, assim, desfavorecido com uma tarifa mais elevada. Observa-se que, nesse caso, o setor residencial é o responsável pela geração de recursos para que outros setores tenham tarifa de energia elétrica menor (Tabela 4).

A diferença de arrecadação, os setores econômicos considerados, está expressa na Tabela 4, em que os de irrigação, comercial e industrial seriam responsáveis por uma diminuição na arrecadação de cerca de 20, 140 e 25 milhões de reais por ano, respectivamente; enquanto o setor residencial seria responsável por um aumento equivalente à soma do decréscimo dos outros setores, ou seja, 185 milhões de reais por ano.

Tabela 4. Diferença na arrecadação, por setor econômico, causada pela aplicação de tarifas exergéticas

Setor Econômico	Diferença na Arrecadação* (Mil R\$ Ano ⁻¹)
Irrigação	-20.000
Industrial	-140.000
Comercial	-25.000
Residencial	+185.000

* Nota-se que o somatório das diferenças é nulo, pois a proposta é de que o total arrecadado antes e depois da aplicação das tarifas exergéticas seja o mesmo

É importante ressaltar que o nível de especificidade das tarifas será função de uma série de fatores, por exemplo:

- da disponibilidade de informações sobre o uso final da energia por setor/atividade;
- de razões políticas;
- do nível de conscientização das diversas esferas de decisão como concessionárias, governo e sociedade;
- tecnologia disponível para aplicação das tarifas exergéticas por uso final.

Para a elaboração das tarifas exergéticas considerou que a arrecadação seria a mesma antes e depois da aplicação dessas tarifas. Isso não é rigorosamente verdadeiro, uma vez que, após a aplicação da tarifa, setores menos eficientes do ponto de vista exergético tenderiam a substituir equipamentos de alto gasto de energia. Por exemplo, a substituição dos chuveiros elétricos por coletores solares, em alguns casos. Dessa maneira, a arrecadação, anteriormente suposta constante, iria gradativamente diminuir. Assim, a medida que os setores econômicos tivessem aumento da eficiência exergética, seriam necessárias avaliações periódicas das tarifas, para que essas continuem a refletir a eficiência exergética do setor. Devem ser considerados, também, o grau de detalhamento e a universalidade desejada, a facilidade e os custos para aplicação da tarifa, além da constante atualização da eficiência exergética do mecanismo de conversão de energia considerado.

Considerando que atualmente no setor residencial existem diversos degraus tarifários e que, quanto menor o consumo, menor o valor pago por kWh, concluir-se que existe uma espécie de compensação para consumidores de classes econômicas mais baixas consomem menores quantidades de energia e, conseqüentemente, paguem menos. Dessa forma, quando se observa o valor da tarifa exergética para o setor residencial descrito na Tabela 3, verifica-se, a princípio, uma distorção dos fatos, na qual todos os consumidores do setor residencial pagariam uma tarifa muito elevada. Na realidade, o valor de R\$ 143,74 MWh⁻¹ representa um valor médio a ser pago pelo setor, não significando que todos os consumidores pagariam o mesmo valor pela energia consumida.

Para que esta injustiça não ocorra calculou-se, para cada faixa de consumo do setor residencial, o valor para a energia consumida. A Tabela 5 apresenta os valores para a tarifa exergética em cada faixa de consumo no setor residencial, obtidos mediante valores hipotéticos de consumo e de consumidores. Na referida tabela demonstra-se que, independentemente do número de consumidores por faixa, poderão haver tarifas socialmente justas para consumidores que, em hipótese,

consomem menos energia e, conseqüentemente, são economicamente menos favorecidos. Dessa forma, mesmo com tarifas exergeticas poderia haver favorecimento de determinados consumidores em detrimento de outros, a exemplo do que é realizado atualmente no setor residencial.

Tabela 5. Valores estimados para tarifas exergeticas no setor residencial por faixa de consumo

Faixa de Consumo (kWh)	Número dos Consumidores (%)	Tarifa Exergetica Aplicada (R\$ MWh ⁻¹)
0 a 30	27	51,34
31 a 100	17	118,93
101 a 180	25	155,17
Acima de 180	31	228,61
Média ponderada	-	143,74

No Brasil, ainda é tímida a criação de outros tipos de tarifa de energia elétrica, em comparação com outros países. Podem-se citar, como exemplo, tarifas em que são oferecidos níveis de confiabilidade menores, troca por uma tarifa mais atrativa em termos econômicos, ou seja, em troca de tarifas mais baratas, em que a concessionária poderia, por exemplo, deixar de fornecer energia quando houvesse um pico de demanda; logicamente, existem algumas regras a serem seguidas, como aviso prévio do corte de energia, número máximo de horas seguido de corte etc. Esse tipo de tarifação demonstra que, num mesmo sistema, as concessionárias de energia elétrica podem oferecer vários tipos de tarifa - normal, horo-sazonal, exergetica, amarela etc. - que podem coexistir num mesmo sistema, cujos programas de gerenciamento possam, pelo lado da demanda, ser aplicados via tarifas de energia elétrica.

CONCLUSÕES

1. Existe a necessidade de aplicação de outros tipos de tarifas de energia elétrica, além das já existentes no Brasil. Seria de grande interesse, para o aumento da eficiência exergetica, principalmente no setor residencial, que houvesse incentivo para a substituição parcial dos chuveiros elétricos por outros equipamentos que não utilizem energia elétrica para aquecer a água. Setores como o de irrigação, que praticamente só utilizam energia sob a forma de tração, devem ser de alguma forma compensados.

2. A aplicação da análise exergetica na formulação de tarifas de energia elétrica nos setores econômicos de Minas Gerais mostrou que os setores mais eficientes, segundo a ótica exergetica, teriam tarifas menores, como do setor industrial e da atividade de irrigação. O contrário também se verifica, em que setores menos eficientes teriam maiores tarifas de energia elétrica. Haverá a tendência da utilização de tecnologias eficientes, segundo princípio da termodinâmica, se tarifas exergeticas forem adotadas. Enquadra-se, aqui, o uso final da energia elétrica para aquecimento a baixas temperaturas, já que há outros possíveis substitutos energéticos a serem analisados, para gerar o mesmo serviço.

3. Este trabalho mostrou que os atuais subsídios as tarifas de energia elétrica não precisam ser extintos, mas apenas adaptados à nova perspectiva de construção de tarifas que levem em consideração a análise exergetica.

4. Outros fatores, como a análise econômica e energética, aspectos sociais e políticos, devem influenciar, juntamente com a análise exergetica, a formulação de tarifas de energia elétrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos especialmente ao CNPq e a FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério das Minas e Energia - MME. Balanço energético nacional. Brasília, DF, 1996. 150p.
- BRZUSTOWSKI, T.A., GOLEM, P.J. Second-law analysis of energy processes - Part I: Exergy - An introduction. Transactions of the Society for Mechanical Engineers, v. 4, n. 4, 1977.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERIAS - CEMIG. Departamento de Análises e Informações em Energia. Acompanhamento de preços de energéticos. Belo Horizonte: 1996a. 3p.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERIAS - CEMIG. Departamento de Integração do Mercado e do Planejamento da Expansão. Boletim Estatístico, 1995. Belo Horizonte: 1996b. 88p.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. Conjuntura econômica. Rio de Janeiro, 1996.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, v.55, 1995.
- JANNUZZI, G. de M. Planejamento integrado de sistemas energéticos. Campinas, SP. Autores Associados. 1997.
- KLENKE, W. Useful work, exergy and thermodynamic potentials. International Chemical Engineering. [s.l.], Germany, v.31, n.4, p.654-660, 1991.
- KRENZ, J.H. Energy for opulence to sufficiency, [s.l.], Ed. Praeger. 1980.
- LEE, H.; DARANI, N. Electricity restructuring and the environment. Harvard: Center for Science & International Affairs, Environment and Natural Resource Program, Harvard University. 1995. 123p.
- McGOVERN, J.A. Exergy analysis: A different perspective on energy. I. The concept of exergy. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, [s.l.], v.24, p.253-262, 1990a.
- McGOVERN, J.A. Exergy analysis: A different perspective on energy. II. Rational efficiency and some examples of exergy analysis. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, [s.l.], v.24, p.263-268, 1990b.
- OLIVA, G.A.; BORGES, T.P. de F. Teste de Campo-Piloto com pré-aquecedor solar de água para chuveiros elétricos de potência reduzida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, VI. Anais... 1996, Rio de Janeiro.

- OLIVEIRA FILHO, D. Electric energy system planning and the second principle of thermodynamics. Quebec: McGill University, Montreal, 1995. 199p. Ph.D. Thesis
- OLIVEIRA FILHO, D.; GALIANA, F.D. A model for the planning of electric energy systems including exergetic considerations. In: POWER INDUSTRY COMPUTER APPLICATIONS CONFERENCE - Institute of Electrical and Electronic Engineers, Salt Lake City, Utah, 6p, 1995.
- SIOHANSI, F.P. Viewpoint: Demand side management. Energy Policy. Great Britain. v .23, n. 2, p.111-114, 1995.
- TANABE, C.S. Viabilidade da análise exergética na elaboração de tarifas de energia elétrica. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1998. 72p. Tese Mestrado
- TANABE, C.S.; OLIVEIRA FILHO, D; CORRÊA, G.A. Tarifas exergéticas para irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. 1997, Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba/SBEA. CD-ROM
- WANG, Q.; DeLUCHI, M.A. Impacts of electric vehicles on primary energy consumption and petroleum displacement. Energy: An International Journal, Great Britain, v.17, n.4, p.351-366, 1992.