

[Economia & Energia](#)

Ano III - No 12
Março/Abril 1999



[Página Principal](#)



[Matriz Energética e&e](#)



[Otimismo em Tempos de Crise](#)



[Análise Exergética da Agricultura](#)



[Vínculos e&e Acompanhamento Econômico:](#)



[Reservas](#)

[Internacionais do Brasil](#)



[Dívida Pública Brasileira](#)

Edição Gráfica:

MAK

Editoração Eletrônica
marcos@rio-point.com

Revisado:

Friday, 11 July 2003.

<http://ecen.com>

[Matriz Energética Nacional](#)

Matriz para 2010 com extensão para 2020

A [Economia e Energia - e&e / ONG,](#)

Organização Não Governamental, pretende executar a projeção da matriz energética para o ano de 2010, com extensão para 2020. Esta resenha apresenta, resumidamente, a proposta e motivação do trabalho. A *e&e* pretende contar com parceiros a quem seriam fornecidos os instrumentos básicos que permitiriam trabalhar com diferentes cenários alternativos. A modalidade desta participação está descrita em documento a parte. Os resultados intermediários seriam divulgados pela revista bimensal na Internet *Economy and Energy - e&e - Economia e Energia* que há dois anos vem apresentando análises e projeções na área econômica e energética.

Acompanhamento de Dados Econômicos:

[Reservas Internacionais](#)

As reservas internacionais do Brasil estiveram nas manchetes da crise econômica brasileira. Os níveis de reservas praticados por países emergentes, na era da globalização, tem sido mantidos em um nível comparativamente e até em valor absoluto bastante superior ao dados países desenvolvidos. Eles constituíam, segundo se afirmava, um colchão de segurança contra ataques especulativos. Para manter estas reservas o Brasil pagou um preço que avaliamos superior a 100 bilhões de dólares já que foi para manter as reservas que praticamos juros altos. Os fatos demonstraram a limitada eficácia deste

[Otimismo em Tempos de Crise](#)

Genserico Encarnaçãõ Jr

Diante dos atuais quadros de crise mundial, nacional e estadual, uma dose de otimismo se faz oportuna. O objetivo é mostrar que o Espírito Santo tem potenciais que, se bem aproveitados, podem se constituir em bases de um novo ciclo do seu desenvolvimento econômico e social.

[Análise Exegética de Sistemas de Produção Agrícola](#)

Omar Campos Ferreira

Sistemas de produção, em geral, são classificáveis como sistemas termodinâmicos abertos. Os insumos são recursos naturais transformados pelas operações de produção em artigos para o uso humano. Do ponto de vista energético, um sistema de produção agrícola pode ser interpretado como de conversão da energia da radiação solar em energia de alimentos, com a intervenção de água e gás carbônico e de produtos semi-elaborados, como os combustíveis, os fertilizantes, os pesticidas, as sementes, etc.

[VÍNCULOS e&e](#)

amortecedor quando para construí-lo se alimentou uma desproporcional dívida interna. Apresentamos dados sobre as reservas brasileiras e internacionais.


Dívida Pública Brasileira


[Economia & Energia](#)

Ano III - No 12
Março/Abril 1999

 [Página Principal](#)


 [Matriz Energética e&e](#)

 [Otimismo em Tempos de Crise](#)

 [Análise Exergética da Agricultura](#)

 [Vínculos e&e](#)

Acompanhamento Econômico:

 [Reservas Internacionais do Brasil](#)

 [Dívida Pública Brasileira](#)

Edição Gráfica:

MAK

Edição Eletrônica
marcos@rio-point.com

Revisado:

Friday, 11 July 2003.

<http://ecen.com>

[Matriz Energética Nacional](#)

Matriz para 2010 com extensão para 2020

A [Economia e Energia - e&e / ONG,](#)

Organização Não Governamental, pretende executar a projeção da matriz energética para o ano de 2010, com extensão para 2020. Esta resenha apresenta, resumidamente, a proposta e motivação do trabalho. A *e&e* pretende contar com parceiros a quem seriam fornecidos os instrumentos básicos que permitiriam trabalhar com diferentes cenários alternativos. A modalidade desta participação está descrita em documento a parte. Os resultados intermediários seriam divulgados pela revista bimensal na Internet *Economy and Energy - e&e - Economia e Energia* que há dois anos vem apresentando análises e projeções na área econômica e energética.

Acompanhamento de Dados Econômicos:

[Reservas Internacionais](#)

As reservas internacionais do Brasil estiveram nas manchetes da crise econômica brasileira. Os níveis de reservas praticados por países emergentes, na era da globalização, tem sido mantidos em um nível comparativamente e até em valor absoluto bastante superior ao dados países desenvolvidos. Eles constituíam, segundo se afirmava, um colchão de segurança contra ataques especulativos. Para manter estas reservas o Brasil pagou um preço que avaliamos superior a 100 bilhões de dólares já que foi para manter as reservas que praticamos juros altos. Os fatos demonstraram a limitada eficácia deste amortecedor quando para construí-lo se alimentou uma desproporcional dívida interna. Apresentamos dados sobre as reservas brasileiras e internacionais.

[Otimismo em Tempos de Crise](#)

Genserico Encarnação Jr

Diante dos atuais quadros de crise mundial, nacional e estadual, uma dose de otimismo se faz oportuna. O objetivo é mostrar que o Espírito Santo tem potenciais que, se bem aproveitados, podem se constituir em bases de um novo ciclo do seu desenvolvimento econômico e social.

[Análise Exegética de Sistemas de Produção Agrícola](#)

Omar Campos Ferreira

Sistemas de produção, em geral, são classificáveis como sistemas termodinâmicos abertos. Os insumos são recursos naturais transformados pelas operações de produção em artigos para o uso humano. Do ponto de vista energético, um sistema de produção agrícola pode ser interpretado como de conversão da energia da radiação solar em energia de alimentos, com a intervenção de água e gás carbônico e de produtos semi-elaborados, como os combustíveis, os fertilizantes, os pesticidas, as sementes, etc.

[VÍNCULOS e&e](#)

Dívida Pública Brasileira

Matriz Energética Nacional

[Economia & Energia](#)

Ano III - No 12

Janeiro/Fevereiro 1999



[Página Principal](#)



[Matriz Energética e&e](#)



[Otimismo em Tempos de Crise](#)



[Análise Exergética da Agricultura](#)



[Vínculos e&e](#)

Acompanhamento Econômico:



[Reservas](#)

[Internacionais do Brasil](#)



[Dívida Pública Brasileira](#)

Edição Gráfica:

MAK

Editoração Eletrônica
marcos@rio-point.com

Revisado:

Friday, 11 July 2003.

<http://ecen.com>

Matriz para 2010 com extensão para 2020

A *Economia e Energia - e&e*, Organização Não Governamental, pretende executar a projeção da matriz energética para o ano de 2010, com extensão para 2020. Esta resenha apresenta, resumidamente, a proposta e motivação do trabalho. A *e&e* pretende contar com parceiros a quem seriam fornecidos os instrumentos básicos que permitiriam trabalhar com diferentes cenários alternativos. A modalidade desta participação está descrita em documento a parte. Os resultados intermediários seriam divulgados pela revista bimensal na Internet *Economy and Energy - e&e - Economia e Energia* que há dois anos vem apresentando análises e projeções na área econômica e energética.

Motivação para o estudo

Sendo os investimentos energéticos - na produção, conservação e até no uso - de prazo de maturação da ordem de cinco anos é indispensável à iniciativa privada e ao governo alguma visão da demanda e oferta no futuro. Trata-se de insumo considerado estratégico por todos os países que encaram com responsabilidade o futuro. Grandes projetos têm horizontes típicos de mais de uma década. Por outro lado, é um setor intensivo em investimentos e de preços, que tem se revelado instáveis nas três últimas décadas. A falha na projeção da oferta pode causar sérios problemas ao desenvolvimento do País.

No passado, esta evidência foi usada com um certo abuso por planejadores, sujeitos a pressões corporativas e de escassa modéstia, cujas previsões de elevada demanda eram sistematicamente desmentidas pela realidade.

É certo, que grande parte de seus erros advieram de cenários econômicos otimistas, externos ao planejamento energético, que não se concretizaram. Estes cenários refletiam, na maioria dos casos, desejos políticos de crescimento econômico.

Durante algum tempo buscou-se o uso de vários cenários econômicos, contemplando diferentes taxas de crescimento, que terminavam sendo de pouca utilidade prática já que a diversidade de demanda resultante não orientava claramente os investimentos.

Outro erro comum no passado foi o planejamento setorializado (eletricidade, petróleo, álcool, etc.) que, na maioria dos casos, conduzia a soma das partes que superava o todo aceito por cada um dos setores.

A metodologia e&e

A metodologia proposta para avaliação da matriz energética pretende eludir a maioria dos problemas acima mencionados.

Ela alia a metodologia de projeção por energia equivalente, desenvolvida pelos técnicos que compõem atualmente a e&e para a então Comissão Nacional de Energia e Ministério das Minas e Energia, a um modelo de projeção da economia capaz de detectar as restrições ao crescimento extrapolando macrovariáveis econômicas do passado.

A metodologia utiliza:

- Um modelo econômico que leva em conta as limitações ao crescimento econômico.
- A estrutura setorial da economia adotada é fundamentalmente a do Balanço Energético do MME que destaca os setores de maior relevância no consumo energético.
- O crescimento setorial projetado leva em conta a evolução histórica da participação desses setores na economia, o crescimento global e a taxa anual projetada.
- O coeficiente energia útil (ou energia equivalente) / produto para cada setor da economia é usado para relacionar atividade econômica e demanda energética.
- A participação de cada energético é inferida a partir da evolução histórica e de considerações sobre a competitividade entre os energéticos; diferentes subcenários podem ser considerados
- Um balanço oferta X demanda de energéticos primários e seus derivados a nível nacional é usado para rever a participação relativa dos energéticos.

O modelo de projeção econômica

A metodologia foi apresentada no livro **Brasil: O Crescimento Possível** cujo coordenador e vários autores integram também a equipe e&e.

A avaliação do crescimento econômico é feita a partir de modelo próprio que leva em conta o comportamento inercial de algumas grandezas ao

longo dos últimos 50 anos. A âncora temporal mostrou ser de muita utilidade em passado relativamente recente (últimos 4 anos), com já que ela possibilitou ao modelo detectar as restrições de disponibilidade de capital para investimentos, a importância da limitação do comércio externo brasileiro e a relevância da dívida interna.

A âncora temporal permite ainda evitar que fatores conjunturais influenciem excessivamente o planejamento, evitando que circunstâncias otimistas - como à época do lançamento do livro - ou pessimistas - como as existentes na presente crise - forjem cenários irrealísticos que comprometam as projeções.

Nas projeções econômicas trabalha-se com a experiência histórica de cerca de 50 anos (contas nacionais) e 30 anos para a composição setorial. Na demanda energética são usados os dados do BEN - de cerca de 30 anos - e os de energia primária relativos aos últimos 50 anos.

A estrutura setorial econômica - de considerável inércia ao longo do tempo - é projetada a partir da extrapolação das tendências históricas e da suposição sobre a composição futura que leva em conta a atual estrutura de países desenvolvidos mas considera algumas peculiaridades nacionais.

A demanda de energia

A demanda de energia usa conceito de energia útil. O Balanço de energia útil, elaborado pelo MME, busca determinar para cada setor econômico o uso do energético e a eficiência com que é usado. Nos usos em que concorrem vários energéticos é possível estabelecer entre eles uma equivalência de substituição.

A avaliação da demanda setorial em energia equivalente deixa liberdade para se discutir a demanda dos diversos energéticos usando alternativas coerentes com a demanda global. Determina-se, por exemplo, a demanda do setor transportes em litros de gasolina equivalente. Considerando-se limitações de uso e produção discute-se a demanda específica de álcool, gasolina, diesel, gás natural comprimido, eletricidade e até mesmo GLP levando em conta a eficiência relativa desses combustíveis. Pode-se trabalhar com diferentes hipóteses de demanda final de cada combustível (ou outro energético) sem perder a coerência na demanda global.

O mesmo pode ser feito em cada setor industrial em relação a demanda

de calor, que é expressa em óleo combustível equivalente considerando-se as equivalências médias. Demandas específicas de um energético, neste ou noutro uso, são consideradas estabelecendo-se um mínimo uso do energético por setor. São considerados, além disto, os usos específicos ou quase exclusivos da eletricidade, conforme identificados no balanço de energia útil.

A demanda de energia útil por produto é uma variável "bem comportada" - em muitos casos aproximadamente constante - ao longo do tempo. Variáveis deste tipo são atrativas para projeções e permitem associar demanda energética e atividade econômica.

A participação dos diferentes energéticos é extrapolada a partir da experiência passada em que as possibilidades e limitações da substituição foram testadas nos vigorosos programas de substituição ocorridos no Brasil principalmente após o segundo choque de petróleo.

[Economia & Energia](#)

Ano III - No 12

Janeiro/Febrero 1999

[Página Principal](#)[Matriz Energética e&e](#)[Otimismo em Tempos
de Crise](#)[Análise Exergética da
Agricultura](#)[Vínculos e&e](#)**Acompanhamento
Econômico:**[Reservas](#)[Internacionais do Brasil](#)[Dívida Pública
Brasileira](#)

Edição Gráfica:

MAK*Edição Eletrônica*
marcos@rio-point.com

Revisado:

Friday, 11 July 2003.

<http://ecen.com>

OTIMISMO EM TEMPO DE CRISE

Genserico Encarnação Jr.
eeegense@nutecnet.com.br

Diante dos atuais quadros de crise mundial, nacional e estadual, uma dose de otimismo se faz oportuna. Não o otimismo cândido, ironizado por Voltaire, mas um otimismo realista, viável, possível.

A crise é séria, sem dúvidas. É difícil injetar otimismo em tempos de recessão, desemprego, déficits e dívidas crescentes, juros altos e pagamentos atrasados. Este artigo não visa amenizar a situação, justificar erros ou levantar esperanças infundadas.

O objetivo é mostrar que o Espírito Santo tem potenciais que, se bem aproveitados, podem se constituir em bases de um novo ciclo do seu desenvolvimento econômico e social.

O primeiro potencial a assinalar é o energético. Com a descoberta de novas reservas de gás natural na plataforma continental norte, existe a possibilidade de, no mínimo, duplicar-se a atual produção, de 650 mil metros cúbicos diários (m³/d). Do acréscimo, 600 mil m³/d servirão a uma Usina Termelétrica, com capacidade de 150 megawatts (MW). As expectativas são de se descobrir nesta região novas reservas da ordem de 30 bilhões de m³, que permitiriam uma produção de 6 milhões de m³/d de gás natural.

A atual situação institucional e legal do país permite que a Petrobras se associe a investidores privados para aplicação de novos recursos na exploração da Bacia do Espírito Santo, área de concessão dessa empresa, cuja geologia é sabidamente promissora.

No sul do Estado, essas parcerias começaram também a ser firmadas. Nas nossas costas submarinas, em águas profundas, a expectativa é de se achar reservas significativas de óleo e gás, com base em análises sísmicas positivas, num prospecto geológico que é a continuação do da Bacia de Campos, a maior província petrolífera do Brasil.

Ainda no campo da energia, a Petrobras e a Cia. Vale do Rio Doce vêm negociando, desde 1996, o transporte de aproximadamente 5 milhões de m³/d de gás natural, através do gasoduto Cabiúnas(RJ)-Vitória. Ancorado em alguns dos projetos da CVRD, em especial a construção de outra Usina Termelétrica, agora

na Grande Vitória, com capacidade de 500 MW, o gasoduto já faz parte do Programa Federal "Brasil em Ação". Isto demonstra a prioridade governamental, embora o projeto possa ser financiado com recursos privados sem ficar dependente de ajustes orçamentários do governo. Com a construção deste gasoduto o Espírito Santo estará interligado à rede sudeste/sul/centro-oeste do país e ao cone sul americano.

Com o advento das Usinas Termelétricas, projetos que podem atrasar mas que são irreversíveis, serão incorporadas 650 MW à capacidade atual de 200 MW. Hoje importamos cerca de 80% das necessidades de energia elétrica; com as termelétricas aumentará significativamente a nossa autonomia neste campo.

Um segundo potencial decorre da implantação do laminador de tiras a quente (LTQ) da Cia. Siderúrgica de Tubarão (CST), viabilizado pelo novo grupo controlador daquela empresa. Esse investimento abre inúmeras possibilidades na utilização de laminados de aço, que podem ser consumidos por fábricas de ferramentas, estruturas metálicas, trefilados, embalagens, tanques, reservatórios, artigos de funilaria, caldeiraria, serralheria, cutelaria, fundidos e forjados, chassis, gabinetes de aparelhos eletrodomésticos, etc. A indústria metal-mecânica, com o apoio da construção civil, pode propiciar um novo ímpeto à economia, em segmentos importantes para a criação de empregos.

A CST vem desenvolvendo um excelente trabalho no sentido de difundir o uso dos seus produtos, inclusive com a criação de um núcleo de excelência em estruturas metálicas na UFES.

No campo do desenvolvimento da metalurgia capixaba deve-se ressaltar o reinício das operações da antiga COFAVI, agora sob o comando da Belgo Mineira, seja na produção de tarugos de aço, seja na laminação de perfilados utilizados na construção civil e na indústria mecânica, recolocando nosso Estado no rol dos produtores de aço da melhor qualidade. Essa unidade começou a consumir 40 mil m³/dia de gás natural utilizando o gasoduto de contorno de Vitória.

O convênio que congrega o CDMEC, SINDICON, BANDES e SEBRAE numa iniciativa para aumentar a participação capixaba nos grandes investimentos é um exemplo para o bom aproveitamento desse filão de oportunidades.

Além das duas áreas aludidas, cumpre mencionar outros projetos, em negociação, e que podem dar maior consistência a esse quadro de otimismo. Tratam-se das ferrovias litorâneas norte e sul, da expansão do nosso complexo portuário, do incremento do turismo, do incentivo ao desenvolvimento da cadeia floresta-indústria na silvicultura e da possibilidade de um pólo gás químico em Aracruz,

entre outros. A incorporação do norte capixaba ao esquema SUDENE e os incentivos fiscais estaduais já existentes podem também compor este quadro.

A continuidade das articulações com as instituições condutoras desses projetos, já devidamente encaminhadas, com a constante preocupação de maximizar e otimizar os benefícios econômicos e sociais desses empreendimentos para o Estado e sua população, deve constituir-se em permanente prioridade dos novos governantes. O objetivo a perseguir é o aumento da participação local nesses investimentos, a maior utilização do que aqui vier a ser produzido e a desejável agregação de valor a essa produção.

O autor é economista da ADERES – Agência de Desenvolvimento em Rede do Espírito Santo e Secretário-Executivo da Câmara Estadual de Energia.

[Economia & Energia](#)

Ano III - No 12

Janeiro/Febrero 1999

[Página Principal](#)[Matriz Energética e&e](#)[Otimismo em Tempos
de Crise](#)[Análise Exergética da
Agricultura](#)[Vínculos e&e
Acompanhamento
Econômico:](#)[Reservas](#)[Internacionais do Brasil](#)[Dívida Pública
Brasileira](#)

Edição Gráfica:

MAK*Edição Eletrônica*
marcos@rio-point.com

Revisado:

Thursday, 10 July 2003.

<http://ecen.com>

ANÁLISE EXERGÉTICA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Omar Campos Ferreira
Pesquisador Associado - FAPEMIG
omar@ecen.com

Sistemas de produção, em geral, são classificáveis como sistemas termodinâmicos abertos. Os insumos são recursos naturais transformados pelas operações de produção em produtos para o uso humano. Do ponto de vista energético, um sistema de produção agrícola pode ser interpretado como de conversão da energia da radiação solar em energia de alimentos, com a intervenção de água e gás carbônico e de produtos semi-elaborados, como os combustíveis, os fertilizantes, os pesticidas, as sementes, etc. Um dos insumos básicos é a tecnologia de produção que, analogamente ao capital, resulta da acumulação de excedentes da produção sobre o consumo e que se transfere de um a outro modo de produção no processo que chamamos de desenvolvimento de tecnologia.

A agricultura rudimentar, de subsistência, usa apenas os recursos naturais, como a luz do sol, a água de chuva, o carbono do ciclo natural e o trabalho humano, além daqueles que caracterizam a qualidade do solo natural. Uma vez esgotado o potencial de produção de uma área de assentamento, o agricultor primitivo simplesmente se deslocava para outra área, reiniciando o ciclo produtivo. Como havia terra em abundância, a área esgotada podia recompor o potencial produtivo através dos mecanismos naturais de recomposição do solo e ser eventualmente utilizada em outro ciclo de produção. À medida que a civilização se desenvolveu, os investimentos feitos em infra-estrutura de assentamento, como as habitações, os caminhos, os sistemas de adução de água, etc, tornaram-se muito valiosos para serem abandonados e o sistema de rotação da terra, conhecido como alqueive, foi se tornando anti-econômico. Porém, a recomposição da terra por processos artificiais exigiu a introdução de energia extra-humana, sendo utilizados os animais domesticados para a tração de máquinas, rudimentares no princípio e progressivamente aperfeiçoadas para melhorar o rendimento. De maneira geral, o processo de reaproveitamento da terra pode ser descrito como de substituição parcial de um fator de produção (o solo fértil) por outro fator, a energia.

A introdução da máquina a vapor, do motor de combustão interna e do motor elétrico acentuou o uso da energia, em formas progressivamente sofisticadas, no sentido de serem mais gerenciadas. Com o desenvolvimento de outros sistemas de produção, como a indústria química, a agricultura passou a ser assistida também por energia embutida nos fertilizantes, pesticidas, combustíveis, cuja produção foi facilitada pela existência de outros recursos naturais, como os nitratos, os fosfatos, etc. Porém, todos os recursos naturais fora do ciclo da fotossíntese são esgotáveis em prazos históricos e, assim como a agricultura primitiva da Mesopotâmia, do Egito, da China e de outras regiões outrora essencialmente agrícolas, os países da Europa viram decair o seu potencial de produção, requerendo quantidades cada vez maiores de energia para manter a população crescente.. É previsível que a mesma sequência de evolução venha a ser percorrida pela agricultura brasileira, na qual a demanda de energia já está crescendo mais depressa do que na indústria.

Enquanto os recursos energéticos são abundantes, repetimos com eles o ciclo de exploração da terra : esgotado um recurso, passamos a explorar outro, de preferência usando a mesma tecnologia de conversão e a limitação observada na agricultura primitiva será repetida na conversão de energia. Combinados, os dois processos de esgotamento representam um gargalo intransponível para o desenvolvimento posterior da civilização. No caso energético, há um ainda engano fundamental, a avaliação dos recursos como se eles fossem equivalentes na conversão em energia motriz, o produto final da conversão, que resulta fundamentalmente de ignorar-se a limitação da eficiência de conversão imposta pela Lei da Entropia, ainda considerada, até mesmo nos meios técnicos, como uma complicação desnecessária da análise energética. Assim, a contabilidade energética baseia-se atualmente na Lei da Conservação da Energia e a crença generalizada é de que haverá sempre energia conversível em motriz a custo constante. A profunda repercussão dos choques de preços do petróleo da década de 70 na organização política e econômica da sociedade humana sugere a necessidade de refinamento dos métodos de análise energética, de forma a possibilitar melhor uso dos recursos naturais e a avaliação dos impactos ambientais dos processos intensivos em energia.

A metodologia que estamos propondo introduzir na análise de sistemas de produção agrícola surgiu na Europa, no fim do século passado, e foi ignorada na literatura especializada até a crise do petróleo. O susto produzido pela crise sacudiu o meio técnico e científico e, como

consequência, houve uma avalanche de artigos a respeito da função termodinâmica chamada de **disponibilidade energética, essergia, exergia** e, mais recentemente, de **emergia** (H.T. Odum, em "Environmental Accounting"). No Brasil, há grupos trabalhando com o conceito de exergia na USP, UNICAMP, EFEI, IPT, UFMG e UFV (Prof. Delly Oliveira Filho e seu grupo de Pós-Graduação), com objetivos variados (análise de motores de combustão interna, de sistemas de reciclagem de rejeitos, de planejamento energético, de sistemas de co-geração, de ciclos combinados, etc.), mas a metodologia de análise exergética ainda é desconhecida pela maioria dos estudiosos. No CETEC, em projeto financiado pela FAPEMIG, está sendo implementada como instrumento de análise ecológica, de planejamento energético e de estudo dos mecanismos de desestabilização de solos. Em parceria com a EMBRAPA e a EPAMIG, está sendo definido um projeto de análise de desempenho de sistemas de irrigação, sendo esta a razão do contacto que estamos estabelecendo.

Para os iniciados em Termodinâmica, a função exergia pode ser conceituada sem muito trabalho, começando por um sistema termodinâmico fechado, que não troca matéria com a vizinhança, e generalizando em seguida o conceito para sistemas abertos. Para sistema fechado, as equações de Conservação da Energia e de não decrescimento da Entropia para um processo elementar são:

$$\delta Q = dU + \delta W \quad dS + dS_0 \geq 0 \quad \text{onde o símbolo } d \text{ indica que as}$$

diferenciais não são exatas, isto é, trabalho e quantidade de calor são grandezas dependentes do trajeto do sistema no espaço de fases p, V (figura), e o subscrito refere-se à vizinhança do sistema. Lembremos que em processo não reversível a temperatura do sistema não é única, o que impede a medição direta da quantidade de calor trocada. Para remover este problema, é comum supor que o sistema troca calor com um reservatório situado na vizinhança, de capacidade térmica muito maior do que a do sistema, e então :

$$dS_0 = - \delta Q / T_0$$

o que permite obter

$$\delta Q = - T_0 dS_0 \quad \text{e} \quad \delta Q \geq T_0 dS$$

Entrando com a expressão de dQ na equação de conservação, obtem-se

$$dW \leq -dU + T_0 dS$$

e, como o segundo membro só contém diferenciais exatas, pode-se escrever

$$W \leq -\Delta U + T_0 \Delta S \quad \text{ou} \quad W \leq -\Delta (U - T_0 S)$$

A função

$$E = U - T_0 S$$

é a que se chama **exergia** do sistema no estado definido por T_0 e S .

O trabalho assim expresso é o total efetuado pelo sistema, incluindo o trabalho útil e o de expansão do mesmo contra a pressão exercida pela vizinhança. Se o processo considerado for reversível, o trabalho é o máximo possível entre dois estados termodinâmicos. Neste caso, o cálculo de W pela variação de exergia dá o mesmo resultado que o cálculo por balanço de energia. Como os processos reais são irreversíveis, o balanço de energia, hoje usado como o único método de avaliação de eficiência, fornece avaliações irrealistas em diferentes graus conforme a importância da irreversibilidade. Há casos de flagrante inadequação da análise por balanço, como a avaliação do antigo programa de Eletrotermia, do Governo Federal, no qual a energia elétrica é valorada pelo seu equivalente térmico, pondo em pé de igualdade o aquecimento por rejeito térmico de motores, por exemplo, e por energia elétrica.

Ao integrar o trabalho elementar para obter o trabalho em processo finito, aparece uma constante de integração que deve ser definida para que a análise se complete. Para as aplicações em economia e em ecologia, que envolvem trocas de energia entre o sistema e Biosfera, o estado termodinâmico de referência é o que corresponderia ao equilíbrio do ambiente. Mas a Biosfera está longe de ser um sistema em equilíbrio, de forma que é necessário idealizar um estado cujas variáveis tenham o valor médio da temperatura, da entropia e da energia interna do ambiente, atribuindo a ele exergia nula. Aceita a convenção, a exergia do sistema é interpretada como o trabalho que o sistema realiza se for levado ao equilíbrio com o ambiente mediante processo reversível. Inversamente, a exergia é o trabalho que se deve fornecer ao sistema

para o remover do estado de equilíbrio com o ambiente e levá-lo ao estado considerado.

Desta interpretação surge a utilidade da análise exergética :

- a exergia do sistema mede o potencial de interação com o ambiente, o que se chama, em análise ecológica, de **IMPACTO AMBIENTAL**
- a exergia mede o trabalho mínimo necessário à produção de um bem ou serviço, o que se chama, em análise econômica, de **VALOR AGREGADO**.

Ressalve-se que o potencial de impacto ambiental não é o impacto efetivo, da mesma forma que o trabalho mínimo não é o valor efetivamente agregado. Ambos são os valores limites destes parâmetros quando a irreversibilidade do processo tende a zero, da mesma forma que o ciclo de Carnot tem a eficiência limite para os ciclos reais, irreversíveis. Portanto, a análise exergética não é a panacéia da análise econômica ou da ecológica, mas é um aperfeiçoamento do método energético convencional.

No que se refere ao valor agregado, por exemplo, é claro que outros fatores de produção devem ser considerados. Entretanto, em situação limite em que a energia é o fator crítico, como se pode esperar em uma nova crise do petróleo, nada imprevisível devido à situação política no Oriente Médio e na Rússia, a análise exergética permite prever os rumos da economia mundial com mais segurança do que o balanço energético. A diferença fundamental entre estes dois métodos está, a nosso ver, na comparação entre os caminhos termodinâmicos possíveis e dirigir as ações para aquele que permita extrair o trabalho máximo de um dado recurso natural caracterizado pela sua energia interna. Em outras palavras, a análise exergética obriga o exame da natureza do processo, enquanto que o balanço energético considera o processo como já estabelecido. Este uso da análise exergética abre novas perspectivas para a racionalização energética, hoje restrita à minimização da perda de energia interna.

Para sistemas abertos, como os da produção, a expressão da exergia é ligeiramente diferente. Para evitar estender o texto além do necessário a uma primeira aproximação, limitaremos a apresentação aos sistemas abertos operando em regime permanente. Como agora há circulação de

matéria e o trabalho correspondente deve ser considerado como custo, pode-se demonstrar que a expressão adequada da função exergia é :

$$B = H - T_0 S$$

sendo H a entalpia do sistema, permanecendo

$$W \leq - \Delta B$$

O diagrama abaixo mostra um sistema de produção típico, as trocas de matéria e de energia e as interações energéticas com o ambiente cuja temperatura é suposta constante e igual a T_0 .

FIGURA (brevemente aqui)

A figura de mérito dos processos possíveis é a eficiência exergética, definida, para a produção, como a razão da exergia dos produtos para a exergia dos insumos. Encontram-se em diversas referências tabelas de exergia das substâncias mais comuns nos processos industriais e também para algumas substâncias contidas nos alimentos, como carboidratos, açúcares, gorduras e proteínas. Para as finalidades da análise ecológica há outras definições que serão apresentadas oportunamente.

Como os termos da função exergia são propriedades termodinâmicas extensivas, com a exceção da temperatura, que é constante, a exergia de uma mistura de substâncias é igual à soma das exergias das substâncias componentes. Neste caso, é necessário ter em conta a variação de entropia associada com a interdifusão das substâncias componentes.

A eficiência exergética pode ser usada como critério de seleção de tipos de culturas, orientando políticas de nutrição das populações, para a distribuição de custos em sistemas em que um ou mais insumos têm usos múltiplos, como o caso da água, para comparar configurações de produção (por exemplo, agricultura tradicional comparada à agricultura assistida), para avaliar efeitos de dados insumos, etc.

[Economia & Energia](#)

Ano III - No 12 Janeiro/Fevereiro
1999



[Página Principal](#)



[Matriz Energética e&e](#)



[Otimismo em Tempos de Crise](#)



[Análise Exergética da
Agricultura](#)



[Vínculos e&e](#)

Acompanhamento Econômico:



[Reservas Internacionais do
Brasil](#)



[Dívida Pública Brasileira](#)

Edição Gráfica:

MAK

Editoração Eletrônica
marcos@rio-point.com

Revisado:

Sunday, 28 August 2005.

<http://ecen.com>

Endereços Recomendados por *e&e*

Dados Econômicos

- [Banco Central do Brasil](#)
- [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística](#)
- [Links Econômicos do Ministério da Fazenda](#)
- [FGV Fundação Getúlio Vargas](#)
[Conjuntura Econômica \(indicadores\)](#)
- Dados Econômicos BID
- [Dados globais sobre os Países Latino-Americanos](#) - Univ. do Texas
- [Argentina: Dados Econômicos - Ministério da Economia](#) (Plan. Excel)
- [Embaixada Argentina no Brasil: Análise da economia brasileira](#)
- [México: Indicadores Econômicos](#)

Dados Energéticos

- [Balanço Energético 1998](#) Ministério de Minas e Energia
[Download](#) via MME ou diretamente
e&e
[beutexto.zip](#) 265 KB - gera arquivos
em Word
[beu93.zip](#) 285 KB - gera arquivos
em Excel
Download via *e&e*: [beu83.zip](#) 384 KB - gera arquivos
em Excel
- Balanço de Energia Útil

Balanços Estaduais

- [Balanço de Energia do Estado do Espírito Santo](#)

Dados Setor Transportes

[Geipot](#)

[Anfavea](#)