Tendências do Desempenho Ambiental do Brasil

FARIA, L.[a,b*]

a. Universidade Paulista, São Paulo

b. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais

**Corresponding author, Luciana.faria@ifsuldeminas.edu.br*

Resumo

Os sistemas regionais dependem dos recursos naturais e dos recursos da economia para produção de produtos e serviços, porém, tais sistemas têm sido sustentados pelo uso de recursos naturais, o que coloca em risco a sua sustentabilidade. Esse processo esgota os recursos do meio ambiente causando divergência entre desenvolvimento e proteção ao meio ambiente. Dessa forma, faz-se necessário criar políticas que possam minimizar o uso destes recursos sem comprometer o crescimento econômico.O presente trabalho tem como objetivos monitorar o desempenho ambiental do Brasil usando os indicadores de contabilidade ambiental em emergia,a fim dedar subsídios ao desenvolvimento de políticas públicas que são voltadas para a sustentabilidade ambientale econômica.Os resultados da contabilidade ambiental em emergia do Brasil para o ano 2011 foram comparados com os publicados por Demétrio (2011) e mostra que o desempenho ambiental vem piorando de 2007 a 2011: o uso de recursos renováveis caiu de 41 % para 22 %, e intensificou-se o uso de recursos não renováveis em uma taxa de 43%; a carga ambiental subiu de 3,5 para 1,5 e o índice de sustentabilidade passou de 4,6 para 2,2.Também foi monitorado o uso de recursos renováveis, não renováveis e da economia com o uso do Diagrama Ternário em emergia. Observa-se que a economia brasileira tem-se desenvolvido economicamente em função do aumento do uso de recursos não renováveis.

Palavras-chave: *Desenvolvimento Regional, Sustentabilidade, Contabilidade Ambiental em Emergia.*

1. Introdução

O desenvolvimento econômico dos sistemas regionais vem sendo sustentados pelos recursos naturais, colocando em risco a sustentabilidade destes sistemas, resultando no esgotamento dos recursos do meio ambiente e gerando divergências entre desenvolvimento econômico e a proteção ao meio ambiente.

Os sistemas regionais dependem de recursos naturais e da economia para produção de produtos e serviços, portanto faz-se necessário criar políticas que possam minimizar o uso destes recursos sem comprometer o crescimento econômico.

No entanto, para que se possa desenvolver política publica que contribuíam para o desenvolvimento econômico, é necessário avaliar o sistema em questão, e o sistema só pode ser avaliado se os recursos envolvidos no processo forem mensurados. Isso se torna possível por meio da metodologia da contabilidade ambiental em emergia, proposta por Odum (1996) que estima os valores das energias naturais, provenientes dos recursos renováveis e não renováveis, que na economia tradicional não são contabilizados, mas que se incorporam nos produtos e serviços.

A metodologia em emergia é uma ferramenta fundamental para a obtenção de um entendimento do conceito de sustentabilidade, que se baseia na quantidade de energia/matéria, tempo e espaço que são necessários para substituir bens esgotados (Bastianoniet al., 2005).

A Contabilidade ambiental em emergia pode ser aplicada a uma região para estudar as relações entre os seres humanos e o meio ambiente por meio de fluxos de energia e matéria desde que as atividades humanas sejam moldadas não apenas por regras econômicas, mas também por restrições de ecossistema (Pulselli *et al.*, 2007).

A contabilidade ambiental em emergia de países e/ou regiões pode contribuir no planejamento e gestão de produtos, processos e serviços sob uma nova visão política que minimizem o consumo de recursos considerando o desenvolvimento sustentável.

Vários estudos sobre desenvolvimento sustentável de nações, regiões e cidades foram realizados (Odum, 1983, 1994; Odum*et al.*, 1986; Huang, 1998; Rydberg*et al.*, 2006; Lomas*et al.*, 2008; Pulselli *et al.*, 2008) a fim de avaliar a sustentabilidade com base na contabilidade ambiental em emergia. Sweeney et. al. (2007) utilizando dados de recursos renováveis, não renováveis e econômicos do NEAD (Nation Environmental Accouting Database) estudaram os valores de Emergia de 150 países, que por meio deste estudo foi possível analisar o grau de sustentabilidade dessas nações.Avaliações ambientais utilizando a metodologia da contabilidade ambiental em emergia também foram realizadas para o Brasil (Comar, 1998; Coelho *et al.*, 2003; Brown *et al.*, 2009; Pereira e Ortega, 2012, Giannetti *et al.*, 2010, 2013).Inclusive, reflexões sobre o desenvolvimento sustentável brasileiro (Giannetti *et al.*, 2013) foram apresentadas e discutidas com base nas avaliações publicadas desde 1979, indicando que o crescimento do país está ligado à exploração dos recursos naturais não renováveis.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivos monitoraro desempenho ambiental do Brasil usando os indicadores de contabilidade em emergia, a fim de dar subsídiosao desenvolvimento de políticas públicas que são voltadas para a sustentabilidade ambiental e econômica.

2. Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho foi realizada em 4 etapas: coleta e levantamento de dados, uso dacontabilidade ambiental em emergia, a utilização do diagrama ternário e a apresentação dos resultados.

2.1 Coleta e levantamento de dados

Para coleta e levantamento de dados utilizou-se dados da literatura (Giannetti *et al.*, 2013, Demetrio 2011), banco de dados governamentais e institutos de pesquisas (ver tabela 1). Após a coleta e levantamentos de dados os mesmos foram organizados em renováveis (R), não renováveis (N), da economia (F) e dados gerais (geográficos, econômicos e sociais).

Tabela 1. Banco de dados governamentais e institutos de pesquisas

	Fonte de coletas de dados	Referências
1	Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE).	http://www.ibge.gov.br
2	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).	http://www.inpe.gov.br
3	Ministério de Minas e Energia (MME).	http://www.mme.gov.br/
4	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).	http://www.ibama.gov.br/
5	Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (ANP).	http://www.anp.gov.br/
6	Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).	http://www.dnpm.gov.br/
7	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).	http://www.mdic.gov.br/sitio/
8	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)	http://www.embrapa.br/

2.2 Contabilidade ambiental em emergia

Emergia, escrita com "m", é uma técnica de contabilidade ambiental que considera um sistema de energia para a termodinâmica de um sistema aberto (Odum e Odum, 1981; Odum, 1996). Considerando a região como um sistema aberto, a avaliação de emergia ajuda a identificar o papel dos ecossistemas na economia local e global por meio da quantificação dos recursos naturais da região e do trabalho feito por pessoas que vivem nesta região. A avaliação de emergia também se concentra em processos como a extração, produção, transformação e comércio (Hossaini e Hewage, 2013).

Para realizar a contabilidade ambiental em emergia elabora-se um diagrama de energia do sistema (Figura.1, ver tabela 2 onde há a descrição dos símbolos do diagrama) que está sendo avaliado.

As contribuições ambientais dos fluxos naturais renováveis (R), não renováveis (N0,N1 E N2), da economia como serviços e bens adquiridos (Fi, Gi e P2I), e produtos exportados do sistema (P1E) são apresentadas no diagrama de energia do sistema (Figura.1). Para o funcionamento do sistema, os produtos adquiridos que incluem os serviços referentes ao trabalho humano, à energia não renovável e aos materiais trazidos para dentro do sistema (combustíveis, minerais, eletricidade, máquinas, fertilizantes, etc.) são necessários. Após a elaboração do diagrama do sistema, neste caso do Brasil, todos os fluxos de massa e energia referentes à economia nacional e relevantes à avaliação em emergia são reunidos e classificados na Tabela 2.

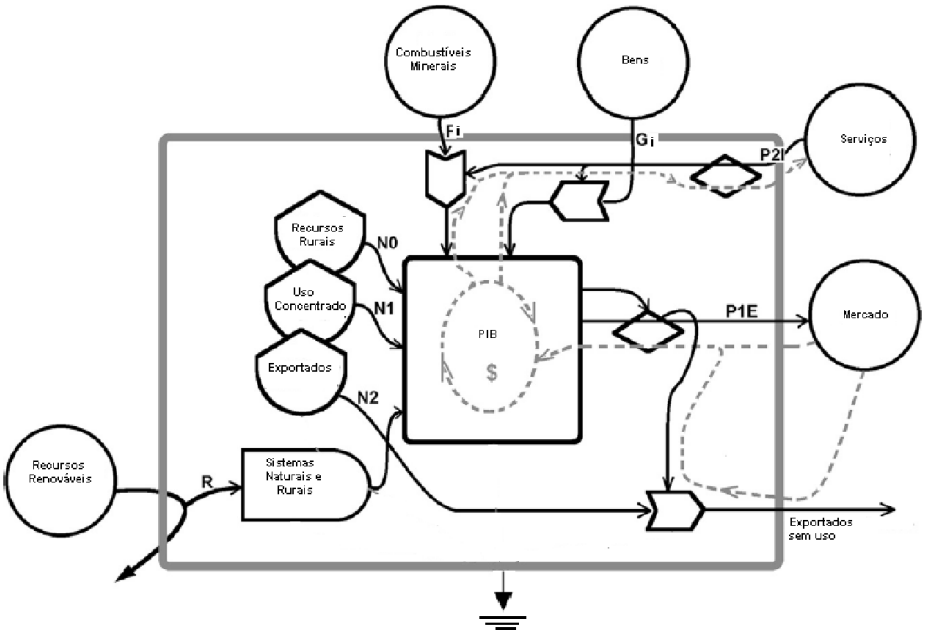

Figura.1. Representação dos fluxos dos recursos básicos do Brasil, onde os símbolos estão explicados na Tabela 2.As linhas tracejadas representam os fluxos do dinheiro que circula no sistema.

Tabela. 2. Os símbolos da figura 1

Fluxo	Recursos	Métodos de cálculos
R	Renováveis R1- Energia do sol R2- Energia química da Chuva R3- Energia potencial da chuva R4- Energia do Vento R5- Ondas R6- Marés R7- Calor da terra	R é omaior fluxo entre R1, (R2+R3), R4 e R5 somadocom R6 e R7.

N	Não renováveis	N éa soma dos fluxos N0 e N1
	N0 N01- Pesca N02- Produção de Lenha N03- Extração Florestal N04- Perda do Solo	N0 éa soma dos fluxos N01 até N04.
	N1 N11- Gás Natural N12- Petróleo N13- Carvão N14- Minerais N15- Metais	N1 é a soma dos fluxos N11até N15.
	N2 – Exportado sem uso N21- Combustível N22- Minerais N23- Metais	N2 é soma dos fluxos N21, N22 e N23.
F	Importados	F é a soma dos fluxos Fi,Gi e 2PI.
	Fi Fi1- Combustíveis Fi2- Minerais Fi3- Metais	Fi é a soma dos fluxos Fi1, Fi2 e Fi3
	Gi Gi1-Produtos Agrícolas Gi2-Produtos Pecuários Gi3-Plástico e Borracha Gi4- Químicos Gi5- Materiais Finalizados Gi6- Máquinas e Equipamentos	Gi é a soma dos fluxos Gi1 até Gi6.
	P2I – Serviços Importados	Fluxos P2I
P1E	Exportados P1E1- Combustível P1E2- Minerais P1E3- Metais P1E4- Produtos Agrícolas P1E5- Produtos Pecuários P1E6- Plástico e Borracha P1E7- Químicos P1E8- Materiais Finalizados P1E9- Máquinas e Equipamentos P1E10- Serviços Exportados	P1E é a soma dos fluxos P1E1 até P1E10.

A partir da construção do diagrama é elaborada uma tabela de cálculo dos fluxos de emergia, contabilizando os dados de fluxos de materiais, trabalho, e energia. As informações primárias de fluxos e reservas de estoques são convertidas em unidades de emergia e então somadas para obter a emergia total do sistema (U= R+N+F). Os dados coletados nessa etapa são de fundamental importância para a construção do diagrama ternário em emergia e a assinatura ambiental em

emergiado Brasil a serem utilizados neste trabalho. Para a organização dos dados e a nomenclatura dos grupos de fluxos dispostos na planilha de cálculoutilizou-se a proposta de Sweeney et. al. 2007, planilha que padroniza as sínteses em emergia dos países, chamado NEAD (National Environmental AccountingDatabase).Por meio de fatores de conversão característicos de cada metodologia, os dados em questão são convertidos nos indicadores.

Os indicadores da contabilidade em emergia relacionados na tabela 3 são analisados neste trabalho. Entre eles o principal indicador calculado é o indicador de sustentabilidade ambiental, que tem como abreviatura, em inglês, "ESI".

Tabela. 3. Índices em emergia utilizados neste trabalho

Índice	Descrição	Equação
U	Emergia Total Usada é obtida pelo resultado da soma dos recursos R + N + F	R+N+F
EIR	O indicador de investimentoé dado pela razão entre aemergia do fluxo F e os fluxos de emergia provenientes do meio ambiente, N e R.	$\frac{F}{R+N}$
EYR	O rendimento em emergia é a emergia do fluxo de saída U (produto, processo, sistema ou serviço) dividida pela soma das emergias do fluxo de emergia proveniente da economia (F).	$\frac{U}{F}$
ELR	Indicador de carga ambiental mostra a razão entre a soma dos fluxos de recursos não renováveis (N) e de investimento econômico (F) dividido pela emergia associada ao fluxo de recursos renováveis (R).	$\frac{N+F}{R}$
ESI	O índice de sustentabilidade (emergysustainability index) é obtido da relação entre o rendimento em emergia (EYR) e o índice de carga ambiental (ELR). O conceito de sustentabilidade está vinculado à maximização do rendimento em emergia e a minimização da carga ambiental, isto é, há um rendimento máximo em emergia e um mínimo de estresse dos recursos ambientais locais.Valores de ESI são apresentados da seguinte forma: ESI<1 indica produtos ou processos que não são sustentáveis em longo prazo. 1<ESI<5 caracteriza a sustentabilidade em médio prazo. ESI>5 possui sustentabilidade em longo prazo.	$\frac{EYR}{ELR}$

Os resultados da contabilidade em emergia do Brasil para o ano 2011 foram comparados com os publicados por Demétrio 2011, a fim de verificar o desempenho ambiental durante este período.

Detalhes sobre a contabilidade em emergia são descritos no Capítulo 10 do livro *Environmental Accouting: Emergyand Environmental DecisionMaking*(ODUM, 1996, p. 182).

2.3 Uso do Diagrama ternário

O diagrama ternário proposto por (Giannettiet al, 2006), Figura 2. consiste em triangulo equilátero com três variáveis associadas a porcentagens. Desta forma, a soma dos fluxos R, N e F será sempre 100%. Cada vértice do triângulo está associado a um fluxo (R, N e F) e os lados do triângulo representam combinações binárias (Figura. 2a). Combinações de três fluxos são representadas por pontos no interior do triângulo.

O diagrama ternário possui quatro propriedades (Linha de Recursos, Linha de sensibilidade, Ponto de simergia e Linha de sustentabilidade), neste trabalho utiliza-se Linha de sustentabilidade. Com a linha de sustentabilidade é possível traçar linhas em que o índice de sustentabilidade é constante. Estas linhas partem do vértice N e permitem dividir o diagrama em "áreas de sustentabilidade", que facilitam a comparação entre a sustentabilidade de produtos e processos.

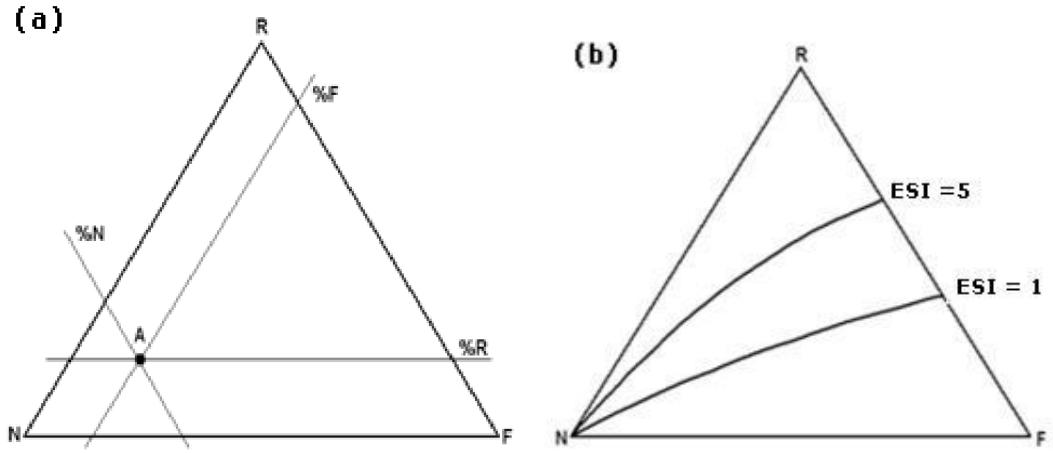

Figura.2. Diagrama ternário em emergia.

A Figura.2.b mostra as linhas de sustentabilidadese as delimitações das regiões, onde a região (ESI> 5) indica que os sistemas são sustentáveis a longo prazo; aregião (1 <ESI <5) quando os sistemas são sustentáveis a médio prazo, e a região (ESI <1) quando os sistemas não são sustentáveis.

A ferramenta gráfica, diagrama ternário permite comparar sistemas regionais, empresas, produtos, processos e serviços; avaliar melhorias e acompanhar o desempenho do sistema ao longo do tempo.

A partir dos resultados dos fluxos Renováveis (R), Não renováveis (N) e da economia da contabilidade em emergia do Brasil referente ano 2011 e dos fluxos do período de 1979 a 2007, elaborou-se o diagrama ternário a fim de apresentar o caminho que a economia encontra-se em 2011.

2.4 Apresentação dos resultados

A partir dos dados coletados na pesquisa, os mesmos foram calculados e organizados em tabelas e planilhas do Excel. Figuras gráficas comoo diagrama ternário em emergia e a assinatura ambientalem emergia foramelaboradas para facilitar a apresentação e compreensão dos resultados.

3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliações da contabilidade ambiental em emergia para o ano 2011

Os fluxos em emergia foram classificados em recursos: renováveis, transformações internas, não renováveis,importados e exportados.

Tabela 4 apresenta os campos utilizados para o cálculo dos fluxos em emergia. Na primeira coluna são encontradas as referências numéricas para cada um dos itens (entradas do sistema). Na segunda coluna estão presentes os nomes de cada um dos itens referenciados na primeira coluna, separados em recursos e serviços humanos. Na terceira coluna são exibidas as quantidades e unidades de cada um dos itens da tabela, na forma em que foram mensurados. Na quarta coluna são encontrados os Valores unitários de emergia - UEV[1](sej/unit)de cada item presente na tabela. Os valores de emergia do sistema são encontrados na quinta coluna, resultado do produto entre a terceira coluna e quarta coluna. Na sexta coluna, calcula-se o Emdólar, valor monetário do item estudado, que agrega o trabalho ambiental (Odum, 1996). O valor econômico é transformado para emergia solar dividindo o fluxo em emergia em sej pela razão emergia/dinheiro mundial.

[1]A quantidade de emergia requerida direta ou indiretamente para gerar uma unidade de energia (Odum 1988).

Tabela.3 Contabilidade em emergia do Brasil para o ano de 2011

Cod.	Item	Fluxo		UEV (sej/unit) *	Emergia (sej)	EmDolares (US$)
Recursos Renováveis						
R1	Energia Solar	$3,88x10^{22}$	J	1	$3,88x10^{22}$	$6,93x10^{9}$
R2	Energia Química da Chuva	$3,97x10^{19}$	J	$3,05x10^{4}$	$1,21x102^{4}$	$2,16x10^{11}$
R3	Energia Potencial Chuva	$7,04x10^{18}$	J	$4,70x10^{4}$	$3,31x10^{23}$	$5,90x10^{10}$
R4	Energia do Vento	$2,29x10^{20}$	J	$2,45x10^{3}$	$5,62x10^{23}$	$1,00x10^{11}$
R5	Ondas	$2,35x10^{18}$	J	$5,10x10^{4}$	$1,20x10^{23}$	$2,14x10^{10}$
R6	Maré	$8,71x10^{18}$	J	$7,39x10^{4}$	$6,43x10^{23}$	$1,15x10^{11}$
R7	Calor da Terra	$1,59x10^{19}$	J	$5,80x10^{4}$	$9,24x10^{23}$	$1,65x10^{11}$
Transformações Internas						
N0	Hidroeletricidade	$1,91x10^{18}$	J	$3,36x10^{5}$	$6,43x10^{23}$	$1,15x10^{11}$
N0	Produção Agrícola	$1,32x10^{19}$	J	$3,36x10^{5}$	$4,42x102^{4}$	$7,88x10^{11}$
N0	Pecuária	$9,01x10^{16}$	J	$3,36x10^{6}$	$3,03x102^{4}$	$5,40\ x10^{10}$
Não renováveis						
N01	Pesca	$5,99x10^{15}$	J	$8,40x10^{6}$	$5,04x10^{22}$	$8,98x10^{9}$
N02	Produção de Lenha	$4,49x10^{16}$	J	$3,45x10^{4}$	$1,55x10^{21}$	$2,76x10^{8}$
N03	Extração Florestal	$7,59x10^{17}$	J	$3,80x10^{4}$	$2,88x10^{22}$	$5,14x10^{9}$
N04	Perda do Solo	$1,10x10^{15}$	G	$1,68x10^{9}$	$1,85x10^{24}$	$3,29x10^{11}$
N11	Gás Natural	$9,05x10^{17}$	J	$6,80x10^{4}$	$6,15x10^{22}$	$1,10x10^{10}$
N12	Petróleo	$4,22x10^{18}$	J	$1,30x10^{5}$	$5,49x10^{23}$	$9,79x10^{10}$
N13	Carvão	$1,58x10^{17}$	J	$6,69x10^{4}$	$1,05x10^{22}$	$1,88x10^{9}$
N14	Minerais	$7,55x10^{14}$	G	$1,91x10^{9}$	$1,44x10^{24}$	$2,57x10^{11}$
N15	Metais	$4,30x10^{14}$	G	$1,16x10^{10}$	$4,97x10^{24}$	$8,87x10^{11}$
Importados						
Fi1	Combustível	$2,10x10^{18}$	J	$1,10x10^{5}$	$2,32x10^{23}$	$4,14x10^{10}$
Fi2	Metais	$1,15x10^{13}$	G	$6,04x10^{9}$	$6,95x10^{22}$	$1,24x10^{10}$
Fi3	Minerais	$1,41x10^{13}$	G	$7,88x10^{9}$	$1,11x10^{23}$	$1,98x10^{10}$
Gi1	Produtos agrícolas	$1,32x10^{17}$	J	$3,36x10^{5}$	$4,42x10^{22}$	$7,88x10^{9}$
Gi2	Produtos da Pecuária	$2,60x10^{15}$	J	$3,36x10^{6}$	$8,74x10^{21}$	$1,56x10^{9}$
Gi3	Plástico e Borracha	$1,00x10^{17}$	J	$1,11x10^{5}$	$1,11x10^{22}$	$1,98x10^{9}$
Gi4	Químicos	$3,24x10^{13}$	G	$1,48x10^{10}$	$4,79x10^{23}$	$8,55x10^{10}$
Gi5	Materiais Finalizados	$2,30x10^{14}$	G	$9,91x10^{8}$	$2,28x10^{23}$	$4,07x10^{10}$
Gi6	Máquinas e Equipamentos	$5,84x10^{12}$	G	$6,70x10^{9}$	$3,91x10^{22}$	$6,98x10^{9}$
P2I	Serviços Importados	$2,26x10^{111}$	$	$2,60x10^{12}$	$5,88x10^{23}$	$1,05x10^{11}$
Exportados						
PIE1	Combustível	$3,22x10^{18}$	J	$8,24x10^{4}$	$2,65x10^{23}$	$4,73x10^{10}$
PIE2	Minerais	$2,89x10^{12}$	G	$1,00x10^{9}$	$2,89x10^{21}$	$5,15x10^{8}$
PIE3	Metais	$2,88x10^{14}$	G	$1,51x10^{9}$	$4,34x10^{23}$	$7,74x10^{10}$
PIE4	Produtos Agrícolas	$5,42x10^{17}$	J	$3,36x10^{5}$	$1,82x10^{23}$	$3,25x10^{10}$
PIE5	Produtos da Pecuária	$2,60x10^{15}$	J	$3,36x10^{6}$	$8,74x10^{21}$	$1,56x10^{9}$
PIE6	Plástico e Borracha	$5,68x10^{16}$	J	$1,11x10^{5}$	$6,29x10^{21}$	$1,12x10^{9}$
PIE7	Químicos	$6,63x10^{12}$	G	$1,48x10^{10}$	$9,81x10^{22}$	$1,75x10^{10}$
PIE8	Materiais Finalizados	$5,76x10^{13}$	G	$5,59x10^{9}$	$3,22x10^{23}$	$5,75x10^{10}$
PIE9	Máquinas e Equipamentos	$6,63x10^{12}$	G	$6,70x10^{9}$	$4,44x10^{22}$	$7,92x10^{9}$
PIE10	Serviços Exportados	$2,56x10^{11}$	$	$5,61x10^{12}$	$1,44x10^{24}$	$2,56x10^{11}$

* UEV baseadas no fluxo total de emergia de 15.83E24 sej/ano [Odum, 2000, Folio #1]

Apresentam-se os indicadores ambientais em emergia do Brasil para o ano de 2007 e 2011 (Tabela 4) que são discutidos neste trabalho

Tabela4.Índices em Emergia de 2007 e 2011.

Indicador	Unidade	2007	2011
R- Fluxo de Emergia Renovável	Sej/ano	$3{,}11x10^{24}$	$3{,}11x10^{24}$
N- Fluxo de Emergia dos Recursos Não Renováveis	Sej/ano	$3{,}50x10^{24}$	$8{,}96x10^{24}$
U- Emergia Total Usada	Sej/ano	$7{,}74x10^{24}$	$1{,}39x10^{25}$
Fração Usada de Recursos Renováveis	-	0,41	0,22
EIR - Razão de Investimento em Emergia	-	0,17	0,15
EYR – Razão de Rendimento em Emergia	-	6,84	7,66
ELR – Razão de Carga Ambiental	-	1,50	3,50
ESI – Razão de Sustentabilidade em Emergia	-	4,60	2,20

Pode-se observar na tabela 4 que houve um aumento de aproximadamente 80 % na emergia total usada do Brasil para o ano de 2011em relação ao ano de 2007.

A avaliação da contabilidade do Brasil para ano de 2011 mostra que o desempenho ambiental vem piorando de 2007 a 2011: a renovabilidade caiu de 41 % para 22 %, e a fração de recursos não renováveis intensificou-se em taxa de 43%,a ELR subiu de 3,47 para 1,49, o ESI passou de 4,60 para 2,2.Percebe-se que a economia brasileira tem-se desenvolvido economicamente em função do aumento do uso de recursos não renováveis.

A partir dos fluxos de emergia, elabora-se o gráfico em barra, denominados Assinatura Ambiental em Emergia, onde estes fluxos são apresentados em ordem crescente de UEVs. A Figura 3representa os fluxos de emergia de todo o Brasil divididos pela área total, e agrupados por recursos (Renováveis, Transformação internas, não renováveis e importados).Com a assinatura podemos distinguir os principais fluxos que interferem ou que possuem relevância significativa na avaliação da contabilidade ambiental em emergia.

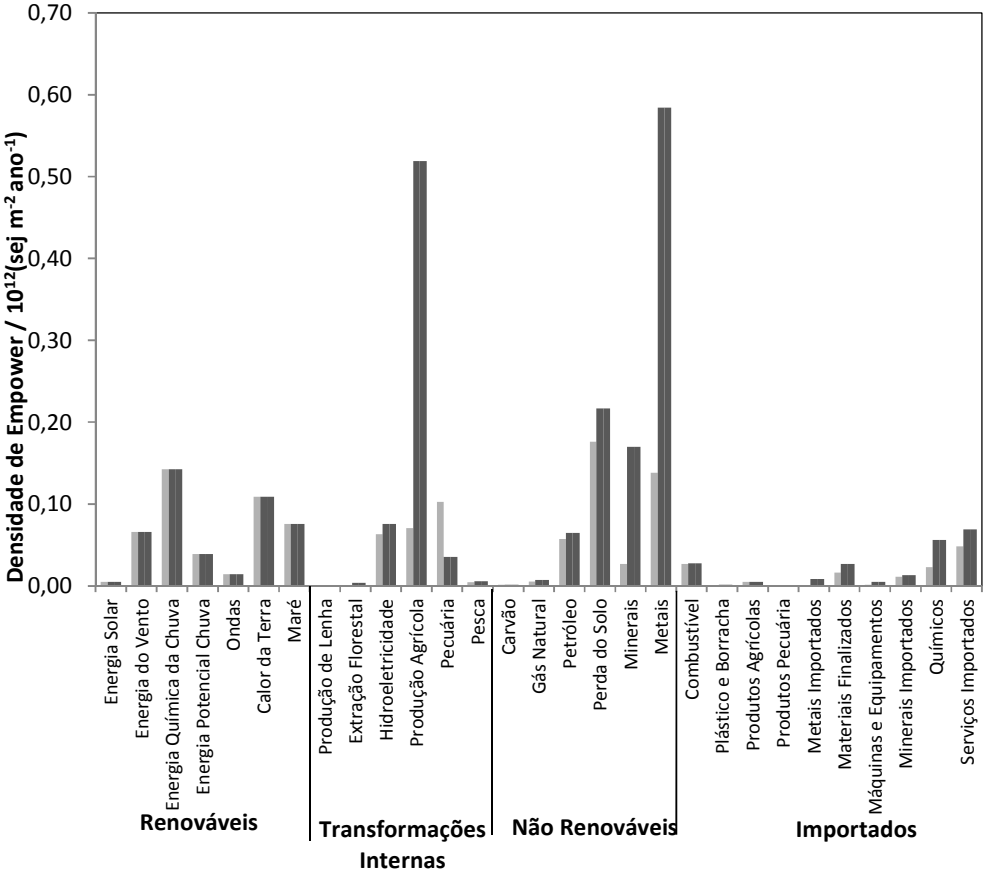

Figura. 3. Assinatura Ambiental do Brasil para o ano de 2007 e 2011. As barras em cinzas claras representam o ano de 2007 e as cinzas escuras 2011.

3.2 Análises do Comportamento dos fluxos em emergia para os períodos de 1979 a 2011

Com o auxílio dos diagramas, a análise dos caminhos percorridos pelo Brasil durante o período de 1979 a 2007 foi realizada por Giannetti et al, 2013. A Figura 4 mostra os caminhos percorridos pelo Brasil representados pela linha continua e os possíveis caminhos representados por linhas tracejadas.

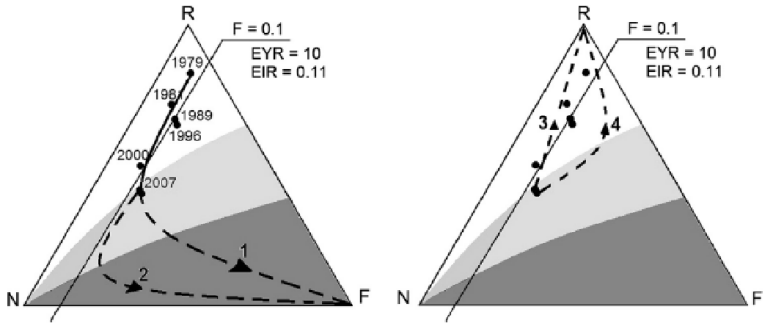

Figura.4. Diagrama ternário em emergia do Brasil entre 1979 a 2007, com possíveis caminhos para o desenvolvimento futuro.

O caminhos 2 apresenta o risco de esgotar todos os recursos naturais do país e o caminho 3 a estagnação econômica. Os caminhos 3 e 4, na prática não são realistas, poiso percentual do uso total de recursos que é derivado de fontes renováveis é calculado com base na entrada renovável total do território do país. Ele não pode ser aumentado, uma vez que representa o total de entrada, assim, para aumentar a % R e, assim, a sustentabilidade de uma economia exige confiscar terras em outro lugar ou reduzir o uso de emergia não renovável. Ao mesmo tempo, o aumento da utilização de fontes de energia renováveis no território não é uma tarefa fácil, especialmente quando o país está tentando competir com economias baseadas no modelo praticado pelos países desenvolvidos (Giannetti et al, 2013).

O Diagrama Ternário (Figura5) mostra que durante o período de 1979 a 2000 o índice de sustentabilidade em emergia (ESI) do Brasil era sustentável ao longo prazo, ou seja, o ESI >5, em 2007 o ESI diminuiu levando o país para a região de sustentabilidade em médio prazo, isto é 1<ESI<5 e o caminho (2) percorrido de 2007 a 2011 indica que o país caminha para a região insustentável, ESI<1.

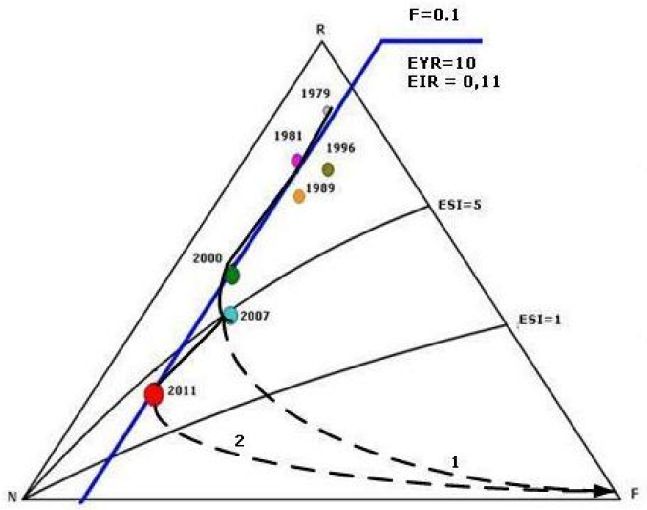

Figura. 5. Diagrama Ternário do Brasil no período de 1979 a 2011 (adaptação de Giannetti et al. 2013).

De acordo com Demétrio (2011), o Brasil está saindo de uma situação que mantinha indicadores de sustentabilidade a longo prazo para indicadores de médio prazo; o país está deixando de ser subdesenvolvido para ser desenvolvido. Todavia essa mudança tem um preço: os desenvolvimentos que as grandes nações alcançaram foram em prol de uma degradação ambiental e esgotamento de suas reservas ou das reservas de outros.

A economia do Brasil continua sendo impulsionada pelo uso de recursos não renováveis percorrendo o caminho 2 conforme pode-se observar na figura.5, que resultará no esgotamento de recursos não renováveis.

4. Conclusão

Por meio das informações levantadas nesta pesquisa, a metodologia da contabilidade ambiental em emergia mostra ser uma ferramenta útil para avaliar o desempenho ambiental do Brasil, pois ela avalia todas as contribuições, como moeda, massa, energia, informação.

A avaliação da contabilidade ambiental em emergia do Brasil para o ano de 2011 indica tendências de crescimento econômico em paralelo com queda do desempenho ambiental. Esse quadro ocorre principalmente em função do aumento populacional, do aumento de consumo de metais e minerais, e do consequente aumento da dependência em recursos não renováveis.

Segundo este estudo percebeu-se que a utilização de recursos naturais não renováveis propiciou o crescimento do país e também o levou para uma região de sustentabilidade a médio prazo e, nesta perspectiva de crescimento, com o uso destes recursos o Brasil caminha para uma região de não sustentabilidade a longo prazo. No entanto, sabe-se que é preciso realizar estudos mais profundos relacionando causa e efeito e, também, faz-se necessário criar políticas públicas de desenvolvimento econômico sustentável a fim de melhorar o desempenho ambiental e econômico do Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio da Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Paulista (UNIP), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)pela concessão da bolsa PROSUP e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Sul de Minas Gerais.

Referências

Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (ANP), 2013.http://www.anp.gov.br/. Acessado em fevereiro de 2013.

Demétrio, F. J. C. Avaliação de sustentabilidade ambiental do Brasil com a contabilidade em emergia. Universidade Paulista. Programa de Doutorado em Engenharia de Produção. São Paulo. 2011.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2013.http://www.dnpm.gov.br/. Acessado em fevereiro de 2013.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2013. http://www.embrapa.br/. Acessado em fevereiro de 2013.

Bastianoni, S., Marchettini, N., Niccolucci, V., & Pulselli, F. M. (2005). Environmental accounting for the lagoon of Venice and the case of fishing.*Annali di Chimica, 95*(3–4), 143–152.

Brown, M.T., Cohen, M.J., Sweeney, S. (2009). Predicting national sustainability: the convergence of energetic, economic and environmental realities.*EcologicalModelling, 220 (*23), 3424-3438.

Coelho, O., Ortega, E., Comar, V. (2003). Balanço de emergia do Brasil. In: ORTEGA, E. (Ed.) Engenharia ecológica e agricultura sustentável: exemplos de uso da metodologia energética-ecossistêmica. Campinas, SP.

Comar, V. (1998). *Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais no Alto Rio Pardo: a busca do desenvolvimento sustentável*. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 197 f.

Giannetti, B.F., Barrella, F.A., Almeida, C.M.V.B. (2006). A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting. *Journalof Cleaner Production, 14*, 201–210.

Giannetti, B. F., Barrella, F. A., Bonilla, S.H.,Almeida, C. M. V. B. Aplicações do diagrama emergético triangular na tomada de decisão ecoeficiente, Revista Produção.17, 246-262. 2007.

Giannetti, B. F., Almeida, C. M. V. B.,Bonilla, S.H.Comparing emergy accounting with well-known sustainability metrics : The case of Southern Cone Conmon Market, Mercosur. Emergy Policy, Volume 38, Issue 7, July 2010.

Giannetti,B. F., Demétrio, J.F.C, Bonilla, S.H., Agostinho, F, Almeida, C. M. V. B.. EmergydiagnosisandreflectionstowardsBrazilian sustainable development ,Journal of cleaner production. 2013.

Hossaini, N., Hewage, K. (2013). Emergy accounting for regional studies: Case study of Canada and its provinces. *Journal of Environmental Management, 118,* 177-185.

Huang, Shu-Li. (1998). Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis, *Journal of Environmental Management,52*, 39–51.

Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE), 2013.http://www.ibge.gov.br. Acessado em fevereiro de 2013.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. http://www.inpe.gov.br.Acessado em fevereiro de 2013.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos NaturaisRenováveis (IBAMA), 2013. http://www.ibama.gov.br/. Acessado em fevereiro de 2013.

Lomas, P.L., Ávarez, S., Rodriguez, M., Montes, C. (2008). Environmental accouting as a management tool in the Mediterranean context: The Spanish economy during the last 20 years. Journal of Environmental Management 88, 326–347

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC),
2013.http://www.mdic.gov.br/sitio/. Acessado em fevereiro de 2013.

Ministério de Minas e Energia (MME), 2013. http://www.mme.gov.br/. Acessado em fevereiro de 2013.

Odum, H.T., Odum, E.C. (1981). Energy Basis for Man andNature. McGraw-Hill, London, UK.

Odum, H.T.; Odum, E.C. (1983). Energy analysis overview of nations.Laxenburg, Austria: International Institute of Applied Systems Analysis.

Odum, H.T.; Brown, M.T.; Christianson, R.A. (1986).Energy Systems Overview of the Amazon Basin. Report to the Cousteau Society. Gainesville, USA: Center for Wetlands, Publication #86-1, University of Florida, 190 p.

Odum, H.T. Self-organization, transformity and information. Science 242, p. 1132–1139. 1988.

Odum, H.T. (1994). Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology; University Press of Colorado: Niwot, CO, p. 644. (Rev. Ed. Of Systems Ecology)

Odum, H.T., 1996, Environmental Accounting, Emergy and Environmental Decision Making, John Wiley & Sons Ltda.

Pereira, L., Ortega, E. (2012). A modified footprint method: The case study of Brazil. *Ecological Indicators, 16,* 113–127.

Pulselli, R.M., Rustici, M., Marchettini, N. (2007). An integrated framework for regional studies: emergy based spatial analysis of the province of Cagliari. *Environmental Monitoring and Assessment, 133*, 1-13.

Pulselli, R.M; Pulselli, F.M.; Rustici, M. (2008).Emergy accounting of the Province of Siena: Towards a thermodynamic geography for regional studies. *Journal of Environmental Management, 86*, 342–353.

Rydberg, T., A.C.; Haden. (2006). Emergy evaluations of Denmark and Danish agriculture: Assessing the influence of changing resource availability on the organization of agriculture and society. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 117* (2-3), 145-158.

Sweeney, S., M.J. Cohen, D.M. King and M.T. Brown. 2007. Creation of a Global Emergy Database for Standardized National Emergy Synthesis. In (ed. M.T. Brown), *Proceedings of the 4th Biennial Emergy Research Conference*.Center for Environmental Policy, Gainesville, FL.