# Avaliação de Variáveis de Sustentabilidade Ambiental nas Empresas de Abastecimento de Água e Saneamento Listadas na BM&FBOVESPA em 2014

DI AGUSTINI, C. A.[a], LUCAS, E. C.[b]

a Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista
Professor da Fundação Getulio Vargas – FGV e Universidade Municipal de São Caetano do Sul - USCS
Avenida Goiás, 3.400, São Caetano do Sul, SP, CEP 09550-051, agustini@fgvmail.br

b Doutorando em Administração pela Fundação Getulio Vargas – FGV/EAESP
Professor da Fundação Getulio Vargas – FGV
Av. 9 de Julho, 2029 - Bela Vista - São Paulo, SP, CEP 01313-902, eclucas@fgvmail.br

**Resumo**

O nível crítico das águas dos reservatórios das hidrelétricas brasileiras representa o rompimento da 1ª condição da sustentabilidade. A soma do volume de afluência menos a soma do volume de defluência, resulta em 6.418 $m^3$ de água por segundo desfavorável ao sistema nacional. Os investidores na BM&FBOVESPA reconhecem e percebem valor positivo das empresas rotuladas como sustentáveis. No período de 2006 a 2013 o ISE obteve uma performance de +190% em relação ao Ibovespa. Os clientes das empresas CASAN, COPASA, SABESP e SANEPAR pagaram nas tarifas de água e tratamento de esgotos, em R$ médios, 72,5% da eMergia total recebida. Há uma relação de desvantagem entre a biosfera e o sistema de tratamento de água e esgotamento sanitário operado pelas empresas avaliadas. Todas as empresas avaliadas ferem a 1ª condição da sustentabilidade em função do menor volume de chuvas nos últimos 84 anos, mas apresentam sustentabilidade no longo prazo se a defluência se igualar a afluência.

***Palavras-chave****: Sustentabilidade Ambiental. Empresas de abastecimento de água. BM&FBOVESPA. EMergia.*

## 1 INTRODUÇÃO

A percepção do valor das empresas pelos investidores é influenciada por diversos fatores, o uso de recursos renováveis (R) como a água, minimização de uso de recursos não renováveis (N) e resíduos gerados, podendo interferir na rentabilidade e na sobrevivência das empresas (BERTOLINI *et al.*, 2012).

Em 2014, quatro empresas do segmento de abastecimento de água e saneamento estavam listadas na Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros (BM&FBOVESPA): Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), SABESP e Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) (BM&FBOVESPA, 2014a).

Para PONTES & SCHRAMM (2004), as empresas do segmento de abastecimento de água e saneamento são de utilidade pública, em função de sua dimensão individual e coletiva, pois gerenciam recurso natural escasso e finito. São empresas concessionárias de serviços essenciais a população com controle

acionário majoritário de unidades da federação, conforme apresentado na Tabela 1 (BRASIL, 2006)

**Tabela 1: Empresas de abastecimento de água na BM&FBOVESPA em 2014.**

| Empresa | Acionista majoritário | % do capital total |
|---|---|---|
| CASAN | Estado de Santa Catarina | 67,34% |
| COPASA | Estado de Minas Gerais | 51,13% |
| SABESP | Estado de São Paulo | 50,25% |
| SANEPAR | Estado do Parana | 58,73% |

Fonte: BM&FBOVESPA, 2014a.

A presença do estado como controlador da atividade de abastecimento de água é marcada por um processo que se confunde com a história do Brasil. Na cidade de São Paulo, ergueu-se em 25 de janeiro de 1554 um barracão onde se celebrou a primeira missa. Era São Paulo dos Campos, ou São Paulo de Piratininga, num ponto onde havia um grande curso de água, o Anhambi, atualmente Rio Tietê (ALMEIDA JR., 1882).

Em 1711 São Paulo passou a categoria de cidade e as enchentes eram o principal problema. Não havia recursos para canalização de rios, quando em 1842 o tenente José Joaquim Henriques apresentou ao governo um projeto onde o estado seria o responsável pela adução e distribuição da água, assim como limpeza dos córregos e demais obras que evitassem as enchentes, mortes de pessoas e destruição das casas. Os investimentos para tais atividades foram considerados fabulosos perante os recursos da Província (DOCUMENTOS INTERESSANTES, 1961).

Apesar das enchentes tomarem a cidade durante seis meses por ano, o abastecimento de água era precário porque os chafarizes da cidade viviam danificados. A água do Tamanduateí era oferecida em pipas, de porta em porta, por preços que variavam de 40 a 80 réis o barril de vinte litros, cuja atividade era explorada pelos aguadeiros, a se considerar um relato enviado à Corte no qual um deles comentava: *"As águas são boas; o povo é burro; as águas são deles e nós lhas vendemos."* (LIMA, 1946).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### *2.1 Sustentabilidade*

Os trabalhos científicos relacionados ao tema sustentabilidade abordam principalmente a relevância das questões ambientais no bojo do questionamento do caráter predatório dos sistemas de produção para atender as necessidades de consumo da humanidade. No início da década de 1980, a ONU retomou o debate das questões ambientais, quando a primeira-ministra da Noruega, Grö Harlem Brundtland, chefiou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, para estudar o assunto. O documento final desses estudos chamou-se Nosso Futuro Comum ou Relatório Brundtland. Apresentado em 1987, propõe o desenvolvimento sustentável, isto é, "aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades" (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p. 114).

DALY (1996), um dos ideólogos da Teoria da Sustentabilidade e da Economia Ecológica, sugeriu três condições para definição dos limites sustentáveis que podem ser aplicáveis as atividades das empresas.

1ª Condição da sustentabilidade: a velocidade de uso da fonte de recursos R não deve superar a velocidade de regeneração desses recursos. Por exemplo, a pesca torna-se insustentável quando os peixes são apanhados em uma quantidade maior do que sua capacidade de reprodução.

O nível crítico das águas dos reservatórios das hidrelétricas brasileiras representa o rompimento da 1ª condição da sustentabilidade. Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a soma do volume de afluência menos a soma do volume de defluência, resulta em 6.418 $m^3$ de água por segundo desfavorável ao sistema nacional, conforme apresentado na Tabela 2 (ONS, 2014).

**Tabela 2: Posição dos reservatórios brasileiros em setembro de 2014.**

| Bacia | Reservatório | Nível* | Afluência** (A) | Defluência** (D) | A - D |
|---|---|---|---|---|---|
| Grande | Furnas | 23,12 | 138 | 518 | -380 |
| | M. Moraes | 47,22 | 566 | 858 | -292 |
| | Marimbondo | 15,84 | 966 | 1.010 | -44 |
| | Água Vermelha | 20,81 | 1.520 | 849 | 671 |
| Paranaíba | Emborcação | 29,43 | 218 | 603 | -385 |
| | Nova Ponte | 18,01 | 33 | 194 | -161 |
| | Itumbiara | 17,92 | 1.362 | 1.406 | -44 |
| | São Simão | 21,32 | 1.790 | 1.844 | -54 |
| Paraná | Ilha Solteira | 0 | 3.049 | 2.850 | 199 |
| | Jupiá | 92,38 | 4.490 | 4.031 | 459 |
| | Itaipu | 79,75 | 9.831 | 9.831 | 0 |
| Tiete | Barra Bonita | 63,19 | 193 | 222 | -29 |
| | Promissão | 29,63 | 419 | 252 | 167 |
| | Três Irmãos | 0 | 165 | 448 | -283 |
| Paranapanema | Jurumirim | 25,08 | 276 | 235 | 41 |
| | Chavantes | 31,03 | 406 | 368 | 38 |
| | Capivara | 57,35 | 1.220 | 1.275 | -55 |
| Iguaçu | G. B. Munhoz | 47,13 | 786 | 1.006 | -220 |
| | Salto Santiago | 97,78 | 1.541 | 1.421 | 120 |
| Uruguai | Machadinho | 33,64 | 988 | 1.226 | -238 |
| | Itá | 58,43 | 1.509 | 1.199 | 310 |
| | Passo Fundo | 94,93 | 79 | 62 | 17 |
| Jacuí | Passo Real | 84,25 | 249 | 415 | -166 |
| São Francisco | Três Marias | 5,55 | 66 | 163 | -97 |
| | Sobradinho | 31,09 | 330 | 1.129 | -799 |
| | Luiz Gonzaga | 20,12 | 990 | 982 | 8 |
| Tocantins | Serra da Mesa | 34,71 | 81 | 843 | -762 |
| | Tucuruí | 37,93 | 2.312 | 6.751 | -4.439 |

*Em % de capacidade ideal.
**Vazão em $m^3$/segundo.
Fonte: ONS, 2014.

2ª Condição da sustentabilidade: a velocidade de uso da fonte de recursos N não deve superar a velocidade de desenvolvimento do substituto R. Por exemplo, um campo de petróleo poderia ser utilizado de forma sustentável se uma parcela dos recursos financeiros de sua exploração fosse investida em geração de energia de fontes R e plantio de árvores, de forma que, quando o petróleo exaurisse, uma fonte de energia R suficiente ainda estaria disponível para as atividades de produção e consumo.

3ª Condição da sustentabilidade: a emissão de poluentes (ou de resíduos) não deve superar a capacidade de absorção da biosfera. Como exemplo, o esgoto não pode escoar para um rio, lago ou reservatório subterrâneo com maior rapidez do que as bactérias e demais organismos conseguem absorver seus nutrientes, sem que eles próprios pressionem e desestabilizem o ecossistema aquático.

*2.2 ISE da BM&FBOVESPA*

Desde a sua criação, em dezembro de 2005, até 2013, o ISE apresentou taxa de crescimento acumulado superior ao do Ibovespa, conforme Tabela 3.

**Tabela 3. Taxas de crescimento do ISE e do Ibovespa (%).**

| Ano | ISE | Ibovespa |
|---|---|---|
| 2006 | +37,8 | +32,9 |
| 2007 | +40,4 | +43,6 |
| 2008 | -41,1 | -41,2 |
| 2009 | +66,4 | +82,6 |
| 2010 | +5,8 | +1,0 |
| 2011 | -6,7 | -17,9 |
| 2012 | +20,5 | +7,4 |
| 2013 | +1,94 | -20,64 |
| Acumulado | +129,9 | +44,82 |

Fonte: BM&FBOVESPA (2014c).

A Tabela 3 mostra que os investidores buscam investir em ações e títulos de empresas comprometidas com práticas de gestão sustentáveis. No período de 2006 a 2013 o ISE obteve uma performance de +190% em relação ao Ibovespa, comprovando a percepção positiva de valor pelos investidores em relação as empresas rotuladas como sustentáveis. Das quatro empresas avaliadas neste, a SABESP e COPASA integram o ISE no período de janeiro de 2014 a 2 de janeiro de 2015 (BM&FBOVESPA, 2014c).

*2.3 Variáveis de sustentabilidade ambiental*

Segundo KERK & MANUEL (2008), não há métricas que fornecem uma percepção completa sobre todos os aspectos relevantes da sustentabilidade de forma transparente, simples e facilmente compreendida, apesar dos indicadores de sustentabilidade serem, cada vez mais, reconhecidos como ferramentas úteis na tomada de decisão de investimentos.

*2.4 Recursos R e N*

A partir de 2008, o ISE passou a classificar como aspecto ambiental crítico as empresas que utilizam intensivamente recursos N e usam poucos recursos R está com conformidade com os conceitos e condições para definição dos limites sustentáveis de um sistema produtivo DALY (1996).

*2.5 Avaliação em eMergia*

A base conceitual e aplicação sobre eMergia foi desenvolvida por ODUM (1996), ao propor uma metodologia capaz de mensurar o uso de recursos de um determinado sistema denominada contabilidade ambiental. Tal contabilidade baseia-se na utilização da unidade comum de eMergia solar, que é a quantidade de energia necessária, de forma direta e/ou indireta, para obtenção de um determinado bem, produto ou serviço.

ODUM (1996) propõe a construção de diagramas de fluxos para melhor visualização dos recursos, que transitam entre as fronteiras dos ambientes econômico (F) e ecossistemas naturais (recursos R e N), utilizando uma simbologia que representa o fluxo de energia nos processos. Todos os recursos utilizados nos processos, naturais R e N e os provenientes do ambiente econômico F, são contabilizados por Joule de energia solar (seJ) – métrica padrão e comum na metodologia.

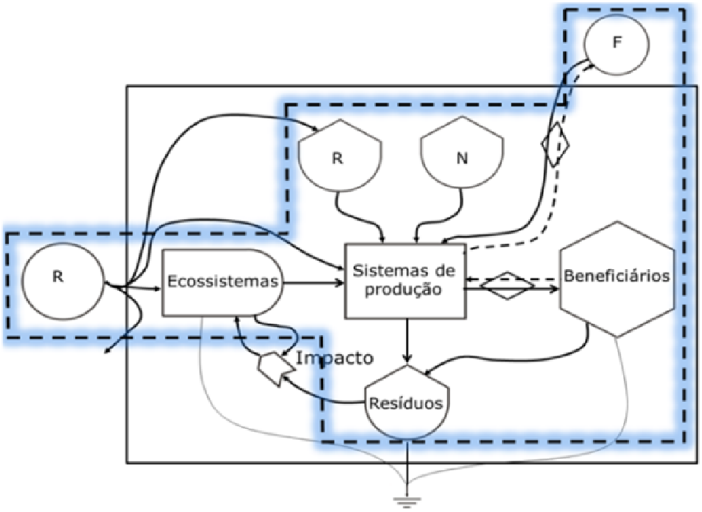



**Figura 1.** Limites da metodologia avaliação em eMergia.

A Figura 1 ilustra que a avaliação em eMergia é uma metodologia com alcance da interferência dos sistemas de produção com os ecossistemas naturais, considerando os estoques de recursos R e N da biosfera, os recursos F da economia com os clientes (beneficiários) e a geração de resíduos e impactos.

A inovação proposta por ODUM (1996) foi estruturar uma metodologia que possibilita contabilizar e mensurar diferentes recursos e processos, medidos por diferentes maneiras e unidades, utilizando uma métrica comum - joule de energia solar (seJ). Para isso, ODUM (1996) idealizou o conceito de transformidade solar - quantidade de energia solar empregada, direta e/ou indiretamente, na obtenção de um joule de determinado produto/processo (seJ/J). Ao se determinar a transformidade do sistema em estudo, é possível calcular de forma cumulativa, a partir da utilização dos primeiros recursos no sistema, a energia solar indireta necessária para obter outro produto/processo (ODUM, 1996). A avaliação em eMergia possibilita a mensuração do uso de recursos da biosfera pelos sistemas produtivos corporativos utilizando uma métrica padrão - seJ.

A partir do inventário de todos os recursos utilizados nos processos, naturais R e N e os provenientes do ambiente econômico F, contabilizados em seJ, é possível calcular os seguintes indicadores em eMergia.

*Indicador de sustentabilidade ambiental (SI)*

Segundo BROWN & ULGIATI (1997), o SI representa a razão entre o aproveitamento dos recursos (EYR) em relação ao impacto ambiental (ELR). Quanto melhor o aproveitamento dos recursos e menor o impacto ambiental, maior será o índice de sustentabilidade, ou seja, maior será a contribuição do sistemas para a sustentabilidade da biosfera (SI = EYR/ELR).

O SI pressupõe que para fins de sustentabilidade ambiental, quanto maior esse índice, mais sustentável é o sistema avaliado, porque minimiza a carga ambiental, ou seja, maximiza a razão entre o aproveitamento dos recursos empregados (EYR) em relação ao impacto ambiental (ELR) (BROWN & ULGIATI, 1997).

Para valores de SI abaixo de 1, são indicativos de sistemas não sustentáveis (BROWN e ULGIATI, 1997). Sistemas com valores maiores que 1 indicam contribuições sustentáveis para o meio ambiente. A sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um SI entre 1 e 5, enquanto sustentabilidade em longo prazo tem SI maior do que 5.

*Rendimento em eMergia (EYR)*

O EYR (*emergy yield ratio*) é a eMergia do fluxo de saída Y (produto, processo, sistema ou serviço)

dividida pela soma das eMergias proveniente da economia F (EYR = (R+N+F)/F). O EYR mensura a relação entre a eMergia total de saída do sistema avaliado e os recursos da economia/pagos não fornecidos, gratuitamente, pela biosfera (F). Representa a influência dos recursos F no sistema avaliado ou a utilização de recursos R e N no processo.

*Indicador de carga ambiental (ELR)*

O ELR (*environmental loading ratio*) mostra a razão entre os fluxos de investimento econômico F, de recursos N e a eMergia associada ao fluxo de recursos R (ELR = (N+F)/R). O ELR avalia o estresse dos ecossistemas decorrentes das atividades do sistema avaliado. Valor alto de ELR pode indicar um estresse de uso de recursos R (ODUM, 1996).

BROWN & ULGIATI (2002) desenvolveram uma maneira para avaliar a contabilidade em eMergia com a utilização do SI, em que as reservas utilizadas para a obtenção dos produtos e os componentes do sistema produtivo, constituem relações, que são avaliadas por meio desse índice, considerando os insumos disponíveis locais, os importados de fora do sistema e a fração de insumos renováveis e não renováveis.

BARRELA *et al.* 2005 e GIANNETTI *et al*. 2007a propuseram uma ferramenta gráfica denominada diagrama ternário de eMergia, em que, por meio de um diagrama triangular equilátero, as três variáveis (R, N e F) utilizadas no objeto de estudo são associadas a porcentagens de cada recurso, ou seja, a soma dos recursos R, N e F será sempre 100%. Assim, é possível representar as três variáveis em duas dimensões, possibilitando melhor visualização e entendimento da contribuição dos recursos ambientais (R e N) e econômicos/pagos (F) num sistema.

Os fluxos de recursos R e N são fornecidos pela biosfera e não têm valor econômico mensurado pelas métricas contábeis tradicionais, enquanto os recursos R podem ser repostos pelo ambiente ao menos na mesma velocidade com que são consumidos, os recursos N podem ser explorados sem que haja tempo para sua recuperação pelo ambiente. Os recursos F são provenientes do mercado e possuem valor em moeda (GIANNETTI *et al.* 2007a).

O diagrama ternário em eMergia complementa a contabilidade ambiental de Odum e amplia a metodologia na medida em que permite estabelecer e facilmente visualizar as linhas de sustentabilidade, comparando processos e identificando sistemas de produção mais amigáveis ao meio ambiente.

A avaliação em eMergia mensura cientificamente a interferência das empresas do segmento de abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA (CASAN, COPASA, SABESP e SANEPAR) na biosfera, segregando e inventariando recursos N e R, em conformidade com as determinações do Conselho Deliberativo do ISE.

## 3 METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto neste:

Definiram-se as fronteiras do sistema de cada empresa com as fontes de energia e materiais que o alimentam, construído um diagrama de energia do sistema, utilizando simbologia própria para a representação dos diversos componentes de cada empresa (ODUM, 1996), foram resumidos os fluxos em um diagrama agregado dos fluxos de energia.

A partir do diagrama de energia dos sistemas, construiu-se uma tabela com todas as entradas de energia e materiais das empresas avaliadas, selecionando-se a transformidade ou eMergia específica para cada uma dessas entradas para cálculo da eMergia, conforme Tabelas 4 e 5.

As entradas para cálculo da eMergia de cada empresa foram obtidas dos demonstrativos financeiros anuais (balanços), do exercício de 2013, publicados pelas empresas avaliadas.

**Tabela 4. Entradas de energia e materiais utilizados pelas empresas em 2013.**

| R$ transformidade do Brasil 2013 | Unid. | Quantidade SABESP | COPASA | SANEPAR | CASAN | Emergia sej/unid. | Unid. | Fonte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Recursos R (água)** a | $m^3$ | **4.686.347.400** | **1.478.868.607** | **1.185.347.038** | **271.340.745** | 2,92E+11 | Sej/$m^3$ | Buenfil (média) |
| **Recursos pagos (F) - fluxo** | | | | | | | | |
| Custos e despesas | R$ | 8.399.283.000 | 3.148.360.000 | 1.826.049.000 | 556.643.000 | 6,22E+12 | EmR$/ano | c |
| Impostos b | R$ | 732.040.000 | 146.363.000 | 141.226.000 | 25.037.000 | 6,22E+12 | EmR$/ano | c |
| **Uso de ativos (F) - estoques** | | | | | | | | |
| Circulantes | R$ | 3.254.087.000 | 1.079.708.000 | 601.122.000 | 345.860.000 | 6,22E+12 | EmR$/ano | c |
| Realizável a Longo Prazo | R$ | 896.781.000 | 1.270.102.000 | 577.633.000 | 187.462.000 | 6,22E+12 | EmR$/ano | c |
| Permanentes | | | | | | | | |
| Investimentos | R$ | 77.699.000 | 260.000 | 2.937.000 | 304.000 | 6,22E+12 | EmR$/ano | c |
| Imobilizado | R$ | 199.496.000 | 5.334.365.000 | 5.314.728.000 | 290.998.000 | 6,22E+12 | EmR$/ano | c |
| Intangível | R$ | 23.846.231.000 | 8.672.619.000 | 251.607 | 1.504.284.000 | 6,22E+12 | EmR$/ano | c |
| **Total empregado (F)** | R$ | **13.559.386.000** | **19.651.777.000** | **8.463.946.607** | **2.910.588.000** | | | (R+F) |
| **Total empregado (média Buenfil)** | Sej/$m^3$ | | | | | 2,27E+12 | | Buenfil (média) |
| **Produção de água potável** | $m^3$ | 2.149.100.000 | 685.476.240 | 578.751.800 | 177.627.190 | 3,20E+11 | Sej/$m^3$ | Buenfil |
| **Produção de esgoto tratado** | $m^3$ | 1.579.100.000 | 455.626.080 | 372.570.060 | 31.096.460 | 1,05E+11 | Sej/$m^3$ | Arias, Brown |
| **Total Y** | $m^3$ | **3.728.200.000** | **1.141.102.320** | **951.321.860** | **208.723.650** | 2,26E+12 | Sej/$m^3$ | Buenfil (Tampa Bay) |
| **Recebido dos clientes** | R$ | 11.315.567.000 | 3.714.818.000 | 2.370.179.000 | 659.952.000 | 6,22E+12 | EmR$/ano | c |
| **Tarifa média água potável** | R$/$m^3$ | 5,27 | 5,42 | 4,10 | 3,72 | | | |

a Inclui perdas no processo.

b Imposto de Renda e Contribuição Social

c *University of Florida* /UNEP, 2014

d Brasil: Instrução Normativa da Receita Federal/98 e Lei 6.404/76

**Tabela 5. Entradas de energia e materiais utilizados pelas empresas em 2013 em Sej/ano.**

| R$ transformidade do Brasil 2013 | Unid. | Vida útil d | Sej/ano SABESP | COPASA | SANEPAR | CASAN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Recursos R (água)** a | $m^3$ | | **1,37E+21** | **4,32E+20** | **3,46E+20** | **7,93E+19** |
| **Recursos pagos (F) - fluxo** | | | | | | |
| Custos e despesas | R$ | 1 | 5,22E+22 | 1,96E+22 | 1,14E+22 | 3,46E+21 |
| Impostos b | R$ | 1 | 4,55E+21 | 9,10E+20 | 8,78E+20 | 1,56E+20 |
| **Uso de ativos (F) - estoques** | | | | | | |
| Circulantes | R$ | 1 | 2,02E+22 | 6,72E+21 | 3,74E+21 | 2,15E+21 |
| Realizável a Longo Prazo | R$ | 5 | 1,12E+21 | 1,58E+21 | 7,19E+20 | 2,33E+20 |
| Permanentes | | | | | | |
| Investimentos | R$ | 25 | 1,93E+19 | 6,47E+16 | 7,31E+17 | 7,56E+16 |
| Imobilizado | R$ | 25 | 4,96E+19 | 1,33E+21 | 1,32E+21 | 7,24E+19 |
| Intangível | R$ | 10 | 1,24E+20 | 5,39E+21 | 1,56E+17 | 9,36E+20 |
| **Total empregado (F)** | R$ | | **7,97E+22** | **3,59E+22** | **1,84E+22** | **7,09E+21** |
| **Total empregado (média Buenfil)** | Sej/$m^3$ | | 8,48E+21 | 2,60E+21 | 2,16E+21 | 4,75E+20 |
| **Produção de água potável** | $m^3$ | 1 | 6,88E+20 | 2,19E+20 | 1,85E+20 | 5,68E+19 |
| **Produção de esgoto tratado** | $m^3$ | 1 | 1,66E+20 | 4,78E+19 | 3,91E+19 | 3,27E+18 |
| **Total Y** | $m^3$ | | **8,54E+20** | **2,67E+20** | **2,24E+20** | **6,01E+19** |
| **Recebido dos clientes** | R$ | 1 | 7,04E+22 | 2,31E+22 | 1,47E+22 | 4,10E+21 |
| **Tarifa média água potável** | R$/$m^3$ | | 102,34 | 105,34 | 79,60 | 72,22 |

a Inclui perdas no processo.

b Imposto de Renda e Contribuição Social

c *University of Florida* /UNEP, 2014

d Brasil: Instrução Normativa da Receita Federal/98 e Lei 6.404/76

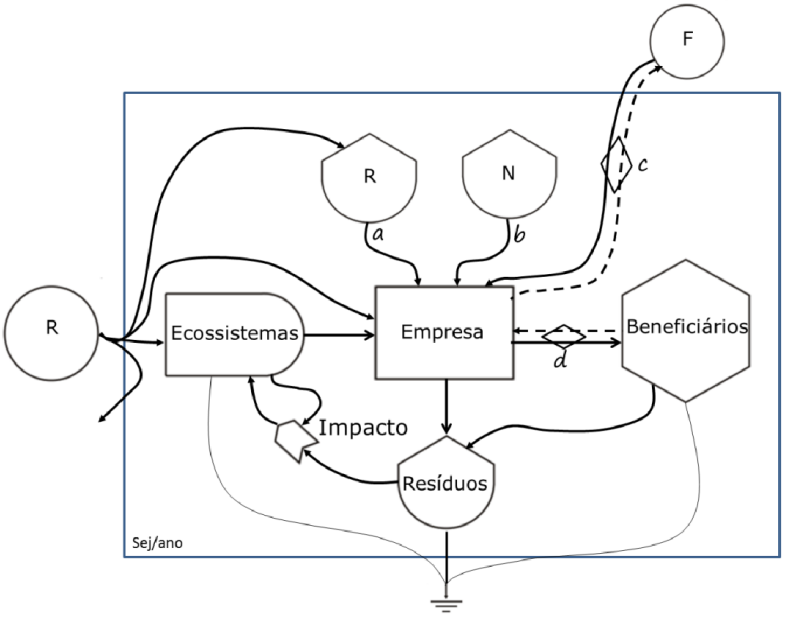
Considerando que no exercício de 2013 as empresas não utilizaram a totalidade dos recursos disponíveis, porque os itens de natureza permanente beneficiam vários exercícios sociais, o inventário de recursos em seJ/ano contemplou o percentual de utilização desses itens em conformidade com a legislação vigente (BRASIL, 1976; 1999).

A partir do inventário das entradas de energia e materiais das empresas no exercício de 2013, foram inventariados os recursos R, N e F, em unidades, transformidades e eMergia/unidade (Tabela 6).

**Tabela 6. Inventário de recursos R, N e F das empresas.**

| | Sej/ano (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **SABESP** | **COPASA** | **SANEPAR** | **CASAN** |
| **R** | 71% | 70% | 71% | 68% |
| **N** | 23% | 24% | 23% | 25% |
| **F** | 6% | 6% | 6% | 7% |

A Figura 2 apresenta os fluxos de recursos R, N e F resumidos das empresas SABESP, COPASA, SANEPAR e CASAN inventariados, considerando as entradas de energia e materiais, a partir dos dados publicados nos demonstrativos financeiros anuais (balanços), do exercício de 2013.




a Sabesp = 5,66 x $10^{22}$seJ/ano.
Copasa = 2,52 x $10^{22}$ seJ/ano.
Sanepar = 1,30 x $10^{22}$ seJ/ano.
Casan = 4,82 x $10^{21}$ seJ/ano.

b Sabesp = 1,83 x $10^{22}$ seJ/ano.
Copasa = 8,63 x $10^{21}$ seJ/ano.
Sanepar = 4.22 x $10^{21}$ seJ/ano.
Casan = 1,77 x $10^{21}$ seJ/ano.

c Sabesp = 4,78 x $10^{21}$ seJ/ano.
Copasa = 2,16 x $10^{21}$ seJ/ano.
Sanepar = 1,10 x $10^{21}$ seJ/ano.
Casan = 4,96 x $10^{20}$ seJ/ano.

d Sabesp = 7,04 x $10^{22}$ seJ/ano.
Copasa = 2,31 x $10^{22}$ seJ/ano.
Sanepar = 1,47 x $10^{22}$ seJ/ano.
Casan = 4,10 x $10^{21}$ seJ/ano.

**Figura 2.** Fluxos resumidos de recursos das empresas em 2013.

Considerando o fluxo de trocas entre o meio ambiente e os sistemas de produção/consumo, a fim de verificar se os consumidores estão pagando, em seJ/J ou seJ/R$, os recursos recebidos dos ecossistemas naturais quando compram produtos e serviços pagos em dinheiro (ODUM, 1996), apresenta-se a relação recursos recebidos pelos clientes *versus* recursos pagos em eMergia, a partir do inventário de recursos da das empresas (Tabela 7).

**Tabela 7. Inventário de recursos recebidos e pagos pelos clientes das empresas.**

| Vantagem/desvantagem do consumidor | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sej/ano | | | | |
| **SABESP** | **COPASA** | **SANEPAR** | **CASAN** | |
| 7,04E+22 | 2,31E+22 | 1,47E+22 | 4,10E+21 | Emergia paga pelos clientes |
| 7,97E+22 | 3,59E+22 | 1,84E+22 | 7,09E+21 | Emergia recebida pelos clientes (F+R) |
| **88%** | **64%** | **80%** | **58%** | **Pago/recebido (F+R)** |
| **1,13** | **1,56** | **1,25** | **1,73** | **Recebido (F+R)/pago pelos clientes** |

>1 = vantagem do consumidor. <1 = vantagem da empresa

Calculou-se os indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI, Tabela 8) e construiu-se o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade para melhor visualização da posição das empresas em relação aos indicadores de sustentabilidade ambiental (Figura 3).

**Tabela 8. Indicadores de contabilidade em eMergia das empresas.**

| | Sej/ano | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **SABESP** | **COPASA** | **SANEPAR** | **CASAN** |
| **R** | 5,66E+22 | 2,52E+22 | 1,30E+22 | 4,82E+21 |
| **N** | 1,83E+22 | 8,63E+21 | 4,22E+21 | 1,77E+21 |
| **F** | 4,78E+21 | 2,16E+21 | 1,10E+21 | 4,96E+20 |
| **ELR** | 0,41 | 0,43 | 0,41 | 0,47 |
| **EYR** | 16,67 | 16,67 | 16,67 | 14,29 |
| **SI** | 40,80 | 38,89 | 40,80 | 30,36 |

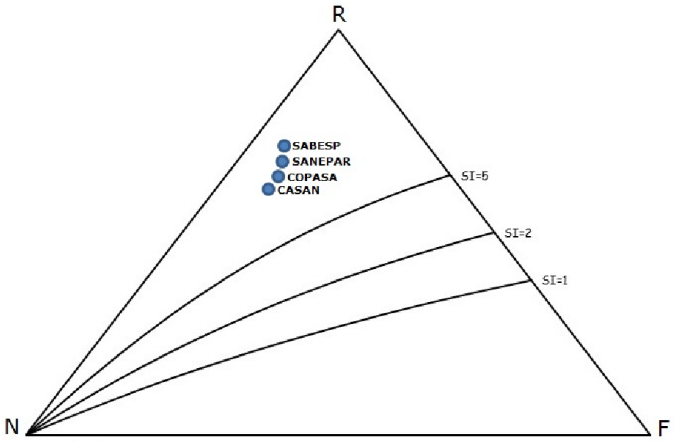



**Figura 3.** Posicionamento das empresas no diagrama ternário em eMergia.

## 4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

*4.1 Fluxo de trocas entre o meio ambiente e as empresas, em seJ/J ou seJ/R$*

A Tabela 7 revela que:

- ✓ a razão média da quantidade de recursos em eMergia recebida pelos clientes das empresas pela eMergia paga, é de 1,42. Os clientes receberam em 2013, em média, 42% mais recursos em eMergia do que pagaram em seJ;
- ✓ os consumidores do estado de Santa Catarina (CASAN) são os que menos pagam pelos serviços de tratamento de água e esgoto sanitário. Pagam 58% da eMergia recebida ou recebem 73% a mais em recursos em eMergia, indicando significativa vantagem para os consumidores;
- ✓ os consumidores do estado de São Paulo (SABESP) são os que mais pagam pelos serviços de tratamento de água e esgoto sanitário. Pagam 88% da eMergia recebida ou recebem 13% a mais em eMergia, indicando também vantagem para os consumidores; e
- ✓ os clientes das empresas pagaram nas tarifas de água e tratamento de esgotos, em R$ médios, 72,5% da eMergia total recebida. Em eMergia, há uma relação de desvantagem entre a biosfera e o

sistema de tratamento de água e esgotamento sanitário operado pelas empresas avaliadas neste.

*4.2 Indicadores da contabilidade em eMergia*

A Tabela 8 mostra que:
Todas as empresas avaliadas apresentam sustentabilidade no longo prazo (BROWN & ULGIATI, 1997) porque apresentaram SI maior do que 5.

As empresas SABESP e SANEPAR são as que apresentam maior SI, ou seja, operam com melhores condições de sustentabilidade no longo prazo. Assim, a SANEPAR deveria integrar o ISE no período de janeiro de 2014 a 2 de janeiro de 2015 em lugar da COPASA.

A CASAN possui a pior classificação no ranqueamento pelo SI, maior carga ambiental (ELR), menor uso de recursos R e maior emprego de recursos N em suas atividades operacionais.

Incorporar requisitos científicos de mensuração física do uso de recursos N e R das atividades empresariais possibilitam que investidores possam direcionar recursos para empresas que gerem maior sustentabilidade ambiental no longo prazo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA JR., João Mendes de. **Monographia do Município da cidade de São Paulo**: Jorge Seckler, 1882.

ARIAS, M.E.; BROWN, M.T. Feasibility of using constructed treatment wetlands for municipal wastewater treatment in the Bogota Savannah, Colombia. **Ecological Engeneering**, v. 35, p.1070-1078, 2009.

BARRELLA, F.A.; ALMEIDA, C.M.V.B.; GIANNETTI, B.F. Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e o meio ambiente. **Revista Produção**, v. 15, n.1, p. 87-101, Jan/Abr. 2005.

BERTOLINI, G. R. F. et al. Modelo de análise de investimentos para fabricação de produtos ecologicamente corretos. **Revista Gestão & Produção**, v. 19. n. 3, p. 575-588, 2012.

BM&FBOVESPA. http://www.bmfbovespa.com.br/**Cias-Listadas/Empresas-Listadas**/, consulta em 31 de março de 2014a.

BM&FBOVESPA. http://www.bmfbovespa.com.br/**Cias-Listadas/Empresas-Listadas**/, consulta em 13 de abril de 2014b.

BM&FBOVESPAc. http://www.bmfbovespa.com.br/i**ndices/VolatilidadeMensal**.aspx, consulta em 6 de abril de 2014.

BRASIL. Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Características e Natureza da Companhia ou Sociedade Anônima. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, 15 dez. 1976.

BRASIL. Instrução Normativa SRF nº162, de 31 de dezembro de 1998. Fixa prazo de vida útil e taxa de depreciação dos bens que relaciona. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, 7 jan. 1999.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. **Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. **Ecological Engineering**, v. 9, p.51-69, 1997.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. **Journal of Cleaner Production**, v.10, p.321-334, 2002.

BUENFIL, A. Emergy evaluation of water. Dissertation (Doctor of Philosophy) - **University of Florida**, Gainesville, 2001.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, 1991.

DALY, H. E. **Beyond growth**. Boston: Beacon Press Books, 1996.

DOCUMENTOS INTERESSANTES – **Atas do Conselho da Presidência da Província de São Paulo ano de 1824 – 1829**. São Paulo: Departamento do Arquivo do Estado de São Paulo, 1961.FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2001.

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**. v.17, n.2, São Paulo. May/Aug 2007a.

KERK, G.; MANUEL, A. Contribution to Beyond GDP "Virtual Indicator Expo" Sustainable Society Index (SSI): a new comprehensive index for world wide use. In: **Conference preceedings of Beyong GDP**. Measuring progress, true wealth, and the well being of nations. p. 14, 2008.

LIMA, G. C. B. de. Notícia histórica geográfica da hidrologia de São Paulo do Piratininga. **Revista do Instituto Geográfico e Geológico**, jan-mar, 1946.

ODUM, H.T. **Environmental accounting – emergy and environmental decision making.** New York: Ed. John Wiley & Songs Ltd., 1996.

ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). **Boletim diário**. http://www.ons.org.br/resultados_operacao/boletim_diario/index.htm, consulta em 25 de setembro de 2014.

PONTES, C. A. A.; SCHRAMM, F. R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 20, nº 5, p. 1319-1327, 2004.

UN – United Nations. General Assembly. 29 January 1993. Forty-seventh session. **Agenda item 79. RESOLUTION ADOPTED BY THE GENERAL ASSEMBLY**.[on the report of the second Committee (A/47/719)]47/191.Institutional arrangements to follow up the United Nations Conference on Environment and Development. Available in: http://www.un.org/documents/ga/res/47/ares47-191.htm/

UNIVERSITY OF FLORIDA/UNEP, 2014. Environmental Accounting and Systems Synthesis of Land Management Interventions at Multiple Scales in the Sahel Region of West Africa. **Database Resources**. Brazil (2000). University of Florida/UNEP. Available in: http://sahel.ees.ufl.edu/**database_resources**.php?search_type=basic&contry=BRA. Accessed in 18 February 2014.