



# Avaliação de variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas de abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA

**Assessment of environmental sustainability indexes of water supply and sewage treatment companies listed on the BM&FBOVESPA**

ISSN 0104-530X (Print)  
ISSN 1806-9649 (Online)

Carlos Alberto Di Agustini<sup>1</sup>  
Biagio Fernando Giannetti<sup>2</sup>

**Resumo:** O nível crítico das águas dos reservatórios e 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<sup>3</sup> de água por segundo desfavorável, ao sistema nacional. Neste estudo, apresentamos uma metodologia de contabilidade ambiental que mensura o uso de recursos por unidade comum de eMergia solar, com objetivo de avaliar a interação de variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas de abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA em 2014. A mensuração foi realizada mediante definição das fronteiras do sistema de cada empresa com as fontes de energia e materiais que a alimentam. Um diagrama de energia do sistema foi construído e resumido em um diagrama agregado dos fluxos de energia. 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. Foi verificado 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. O cálculo dos indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI) e o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade indicaram posições das empresas em relação aos indicadores de sustentabilidade ambiental. Os investidores na BM&FBOVESPA reconhecem e percebem valor positivo das empresas rotuladas como sustentáveis ambientalmente. No período de 2006 a 2015 o ISE obteve uma performance de +131% 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.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade ambiental; Empresas de abastecimento de água; BM&FBOVESPA; eMergia.

**Abstract:** The critical level of the water reservoirs of the Brazilian hydroelectric power plants represents a breach of the first condition of sustainability. The algebraic sum of the volumes of affluence and diffluence shows an unfavorable result of 6418 m<sup>3</sup> of water per second to the national system. In this study, we present an environmental accounting methodology that measures the use of resources per solar eMergy common unit aiming to assess the interaction of environmental sustainability indexes in water supply and sanitation companies listed on the BM&FBOVESPA in 2014. The measurement was performed by defining the boundaries of the system of each company with the sources of energy and materials that feed it. A system energy diagram was constructed and the flows were summarized in an aggregate diagram of the energy flows. From the inventory of energy and material inputs of the companies in 2013, the resources R, N, and F were inventoried in units, transformations, and eMergy/unit. It has been found that consumers are paying, in seJ/J or seJ/R\$, for the resources received from natural ecosystems when they buy products and services in cash. The calculation of accounting indicators in eMergy (EYR, ELR, and SI) and the ternary diagram in eMergy and their sustainability lines indicated the companies' positions in relation to environmental sustainability indicators. Investors of the BM&FBOVESPA acknowledge and perceive positive value in companies labeled as sustainable. Between 2006 and 2015, the ESI obtained a performance index 131% higher than the Ibovespa index. Clients of the companies CASAN, COPASA, SABESP, and SANEPAR pay in their water and sewage treatment bills (average values in R\$) for 72.5% of the total eMergy they receive. There is a disadvantageous relation between the biosphere and the water and sewage treatment systems operated by the assessed companies.

**Keywords:** Environmental sustainability; Water supply companies; BM&FBOVESPA; eMergy.

<sup>1</sup> Fundação Getulio Vargas – FGV, Praia de Botafogo, 190, 12º andar, CEP 22253-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, e-mail: agustini@fgvmail.br

<sup>2</sup> Laboratório de Produção e Meio Ambiente – LaProMa, Universidade Paulista – UNIP, Rua Dr. Bacelar, 1212, Mirandópolis, CEP 04026-002, São Paulo, SP, Brasil, e-mail: biafgian@unip.br

Recebido em Set. 11, 2016 - Aceito em Ago. 27, 2017

Suporte financeiro: Nenhum.

## 1 Introdução

Avaliar variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas é uma tarefa de extrema complexidade. Os saberes científicos sobre a interferência das atividades empresariais na biosfera ainda são incipientes. Neste trabalho, apresentamos uma metodologia de contabilidade ambiental que mensura o uso de recursos e que se baseia na utilização da unidade comum de eMergia solar — quantidade de energia necessária de forma direta e/ou indireta — para obtenção de um determinado bem, produto ou serviço num processo.

De acordo com o relatório da UN Water, da Organização das Nações Unidas (ONU), o nosso planeta é palco de uma ofensiva as vezes até bélica pela água. As dificuldades de suprimento para a população que precisa no mínimo de 50 litros de água por dia/habitante para atender suas necessidades, podem levar 4 bilhões de pessoas a sofrer com a falta de água até 2030 (WWAP, 2014).

Na Região da Grande São Paulo, face escassez de abastecimento pelo volume de chuvas abaixo da mínima histórica em 84 anos, principalmente no sistema Cantareira (É o maior dos sistemas administrados pela SABESP e um dos maiores do mundo, destinado à captação e tratamento de água para a Grande São Paulo. É composto por seis barragens interligadas por um complexo sistema de túneis, canais, além de uma estação de bombeamento de alta tecnologia para ultrapassar a barreira física da Serra da Cantareira), a população da maioria dos municípios da região metropolitana supridos pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP), passou a receber em 2014, 30% de desconto no preço da água usada, condicionado a uma economia mínima de 20% no volume (Sistema Cantareira, 2014).

Segundo Molinos-Senante et al. (2016), a escassez de água é um dos principais problemas enfrentados por muitas regiões no mundo no século XXI e passou a ser um dos fatores mais críticos no processo de gestão de algumas empresas, diante de fatores como: mudanças climáticas, aumento das taxas de urbanização e crescimento da renda e da produção industrial.

Para Campos et al. (2013), a partir de um longo processo histórico de amadurecimento da consciência humana diante do desenvolvimento econômico, a gestão ambiental passou a incorporar diversas iniciativas governamentais e empresariais que procuraram formas de gestão mais adequadas para garantir um futuro melhor para a sociedade no planeta.

Cada vez mais as empresas têm procurado integrar as variáveis econômicas com as ambientais. O uso de métricas que mensurem o uso de recursos naturais e impactos das atividades produtivas ampliam os significados tradicionais de ativos e passivos contábeis, relacionando-os à preservação da biosfera, conforme conceitos de equilíbrio e accountability (Um dos pilares

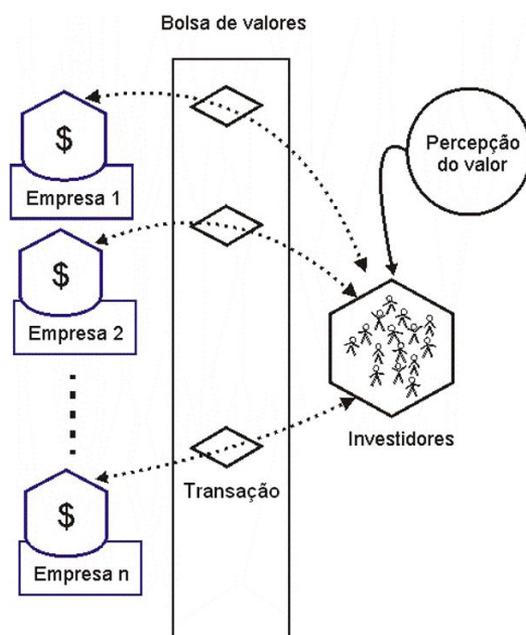
da governança corporativa: prestação responsável de contas, fundamentação ética e boas práticas contábeis e de auditoria) (Kassai et al., 2012).

Entre as diferentes escolhas de investimento, a percepção do valor das ações e das empresas é muito importante para a tomada de decisão do investidor, influenciada por fatores como liquidez, retorno e risco, que são mensurados com informações objetivas e subjetivas, provenientes da bolsa de valores e de outras fontes.

A percepção do valor das empresas pelos investidores é influenciada por diversos fatores, dentre eles por questões de natureza ambiental. Maior uso de recursos renováveis (R) como a água, minimização de uso de recursos não renováveis (N) e resíduos gerados que podem interferir na rentabilidade e na sobrevivência das empresas (Bertolini et al., 2012).

Segundo Giannetti (2009 apud Di Agustini, 2009), a bolsa de valores é o espaço em que as empresas podem obter recursos, estimulando a atividade empreendedora e gerando acúmulo de capital. A Figura 1 apresenta os principais componentes do sistema de investimento por meio de uma bolsa de valores.

Os principais fluxos de um sistema produtivo estão apresentados na Figura 1, na qual os fluxos de recursos e produtos são paralelos aos fluxos de dinheiro com sentido oposto. Os dois fluxos são interdependentes: sem recursos e produtos não é possível promover o fluxo de dinheiro e, por sua vez, sem capital não ocorrem os fluxos de recursos e de produtos. A transação ocorre sob controle do preço



**Figura 1.** Representação dos fluxos de capital pela bolsa de valores. Fonte: Giannetti et al. (2009 apud Di Agustini, 2009, p. 16).

que é resultado do valor de mercado, obedecendo condições ideais ao princípio econômico do equilíbrio entre a oferta e a demanda.

Em 2014, quatro empresas do segmento de abastecimento de água e saneamento estavam listadas na Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros: 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 à população com controle acionário majoritário de unidades da federação, conforme apresentado na Tabela 1 (Brasil, 2006)

A presença do estado como controlador da atividade de abastecimento de água é marcada por um longo processo que se confunde com a história do Brasil.

Aqui residem seis dos nossos: Padres quatro e dois irmãos. A Igreja não é muito grande. Tem cerca cheia de frutos da terra e marmelos; e no claustro um poço de boa água. José de Anchieta, em carta de 1585 (Anchieta, 1595).

Os recursos R são retirados do ambiente e têm capacidade de renovação temporal e espacial mais rápida do que o seu consumo/uso. Encontram-se dentro dessa classe a energia solar, dos ventos, da chuva etc. Os recursos N são armazenados na natureza, porém seu consumo é mais rápido do que a sua capacidade de renovação. Dentro dessa classe encontram-se

fontes de recursos como carvão, petróleo, florestas, água potável etc.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a interação de variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas de abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA em 2014, em conformidade com as determinações do Conselho Deliberativo do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da BM&FBOVESPA, que, a partir de 2008, passou a classificar como aspecto ambiental crítico as empresas que utilizam intensivamente recursos N e poucos recursos R.

Para atingir o objetivo, definiram-se as fronteiras do sistema de cada empresa com as fontes de energia e materiais que o alimentam, foi construído um diagrama de energia do sistema (Odum, 1996) e foram resumidos os fluxos em um diagrama agregado dos fluxos de energia. As entradas de energia e materiais das empresas avaliadas foram transformadas em transformidade ou eMergia específica para inventariar os recursos R, N e F, em unidades, transformidades e eMergia/unidade.

Os resultados da verificação se os consumidores estão pagando, em seJ/J ou seJ/R\$, os recursos recebidos dos ecossistemas naturais, os cálculos dos indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI) e o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade estão apresentados nas Tabelas 2 e 3 e Figura 2.

## 2 Referencial teórico

A degradação ambiental intensificada a partir da Revolução Industrial provocou ações e iniciativas envolvendo vários segmentos da sociedade com objetivo de conscientizar a população e consequentemente mudança de postura dos indivíduos e das empresas.

**Tabela 1.** Empresas de abastecimento de água na BM&FBOVESPA em 2015.

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%

\*Incluindo participação da Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC). Fonte: BM&FBOVESPA (2015).

**Tabela 2.** Inventário de recursos recebidos e pagos pelos clientes das empresas.

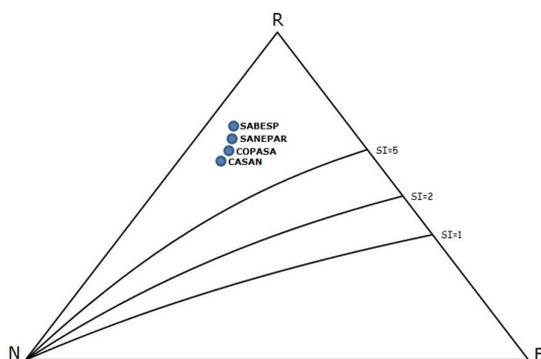
Vantagem/desvantagem ao consumidor				
Sej/ano (%)				
SABESP	COPASA	SANEPAR	CASAN	
7,04E+22	2,31E+22	1,47E+22	4,01E+21	Energia paga pelos clientes
7,97E+22	3,59E+22	1,84E+22	7,09E+21	Energia recebida pelos clientes (F+R)
<b>88%</b>	<b>64%</b>	<b>80%</b>	<b>58%</b>	<b>Pago/recebido (F+R)</b>
<b>1,13</b>	<b>1,56</b>	<b>1,25</b>	<b>1,73</b>	<b>Recebido (F+R)/pago pelos clientes</b>

>1 = desvantagem do consumidor; <1 = vantagem da empresa. Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

**Tabela 3.** Indicadores de contabilidade em eMergia das empresas.

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

Fonte: Elaborado pelos autores (2014).



**Figura 2.** Posicionamento das empresas no diagrama ternário em eMergia. Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

São inúmeras as ações e iniciativas, dentre elas: Conferência da Biosfera (Paris, 1968); Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente (Estocolmo, 1972); Eco 92 ou Rio 92 (Rio de Janeiro, 1992); Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável ou Rio + 10 (Johanesburgo, 2002); Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Paris, 2007), Rio + 20 (Rio de Janeiro, 2012) e Relato Integrado promovido pelo International Integrated Reporting Council (IIRC), organização que promove a integração entre as informações financeiras, de sustentabilidade e de governança em relatórios corporativos, lançado mundialmente em 16 de abril de 2013, no Brasil realizado pela BM&FBOVESPA (Alves & Barbosa, 2013).

## 2.1 Sustentabilidade

As questões relativas ao meio ambiente e à sustentabilidade da biosfera não são recentes. Segundo Swearer (2004, p. 21), no século V a.C., há registros textuais que Buda alertava para a importância das florestas sob uma ótica ambientalista.

As discussões acerca das temáticas relacionadas com a sustentabilidade possuem dimensão multidisciplinar e conceito difuso e complexo. Sustentabilidade é a palavra de ordem que tem se tornado comum nos mais diferentes ambientes, apropriados por executivos de empresas, investidores, políticos, ativistas sociais, acadêmicos, trabalhadores e outros. De acordo com

Ferreira (2001), sustentabilidade é um substantivo feminino que significa a qualidade de sustentável. Sustentável por sua vez é também um adjetivo, que se pode sustentar, e sustentar, verbo transitivo direto, é conservar, manter, impedir a ruína, proteger, defender, conservar a mesma posição, suste-se ou equilibrar-se. Sustentabilidade vem do latim sustentare que significa suste, sustentar, suportar, conservar em bom estado ou manter.

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 às 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 o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1991, p. 114).

Munck & Souza (2013) defendem que o conceito de desenvolvimento sustentável é frágil pela lógica econômica que privilegia as vontades do mercado e que repassa ao meio a ideia equivocada de um crescimento econômico global e ininterrupto.

Segundo Miranda (2009), não existe relação homem-natureza. Uma vez que o homem é um ser social, existem relações entre os homens por meio da natureza – a natureza é sempre objeto das relações sociais, não sua finalidade. Com o aumento da população no planeta, crescimento do poder econômico e tecnológico, para atender às necessidades de consumo da humanidade, passou-se a atingir os ecossistemas, bacias hidrográficas, florestas, oceanos, continentes, solo, ar e a água.

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 às 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.

Para examinar melhor essa questão, segundo Barret & Odum (2007), regeneração é a razão entre a taxa de processamento e o conteúdo. A regeneração pode ser expressa como uma fração da quantidade total de uma substância em um compartimento, que é liberado (ou que entra) em um dado período de tempo; o tempo de regeneração é o seu recíproco, isto é, o tempo necessário para substituir a quantidade da substância igual à sua quantidade no compartimento. Por exemplo, se estão presentes 1.000 unidades no compartimento e 10 saem ou entram por hora, a taxa de regeneração é de 10/1.000 (0,01) ou 1% por hora.

O tempo de regeneração seria então 1.000/10 ou cem horas. Enquanto uma lagoa pode ter uma taxa de 1 dia para renovar suas minúsculas plantas, plantas terrestres mais longevas de um pasto, podem levar 100 dias e as árvores de uma floresta 100 anos.

A retirada de água do sistema Cantareira é um exemplo de não atendimento à 1ª condição da sustentabilidade. A velocidade de retirada pelo aumento de uso do recurso finito R (água) dos reservatórios excede a capacidade do ecossistema regenerar o reservatório (ANA, 2014).

O fenômeno abrange todo território nacional. 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<sup>3</sup> de água por segundo desfavorável ao sistema nacional, conforme apresentado na Tabela 4 (ONS, 2014).

**Tabela 4.** Posição dos reservatórios brasileiros em setembro de 2015.

Bacia	Reservatório	Nível*	Afluência** (A)	Defluência** (D)	A-D
Região Sudeste					
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
	Jupia	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
Região Sul					
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
Região Nordeste					
São Francisco	Três Marias	5,55	66	163	-97
	Sobradinho	31,09	330	1.129	-799
	Luiz Gonzaga	20,12	990	982	8
Região Norte					
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<sup>3</sup>/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.

Segundo McKelvey (1982), os recursos N não podem ser repostos e suas reservas podem se esgotar pela extração dos sistemas produtivos, ou seja, aquilo que está disponível e é extraído hoje, não estará mais disponível amanhã. Assim, se o desenvolvimento tecnológico de materiais R substitutos ao minério N for inferior a taxa de extração, as reservas de minério podem se exaurir. Entretanto, conforme abordado na 1ª condição da sustentabilidade, o material substituto R do minério N, deve observar a razão de regeneração (taxa de processamento e o conteúdo) e o tempo necessário para substituir a quantidade da substância igual à sua quantidade no estoque (Barret & Odum, 2007).

A relação existente entre os recursos N e R da biosfera com os sistemas de produção é complexa. No processo de produção de bens e serviços, nem todos os recursos N podem ser substituídos por recursos R pelas empresas. Recursos N, cujas reservas se encontram em extinção, podem ser substituídos por outros recursos N com reservas maiores, como exemplo, a substituição do aço pelo alumínio pela Ford na fabricação de picapes (Ramsey, 2012).

**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.

Para Brown (2009), ao analisar a situação da Terra face à utilização intensa dos recursos naturais e os fluxos da economia que depende dos ecossistemas/meio ambiente, defende que se não há meio ambiente, se tudo está destruído, não há economia. Assim, a questão fundamental que envolve a sustentabilidade empresarial está diretamente associada a sustentabilidade ambiental (extração e uso de recursos N e R nos sistemas produtivos, geração de resíduos e impactos aos ecossistemas

e às pessoas) e as atividades cotidianas dos seres humanos (estilo de vida e consumo).

## 2.2 ISE da BM&FBOVESPA

Criado em 2005, o ISE é o quarto indicador no mundo e iniciativa pioneira na América Latina e resultado de esforços de várias instituições, no sentido de torná-lo referencial para os investimentos sustentáveis. É uma ferramenta para análise comparativa do desempenho das empresas listadas na BM&FBOVESPA, cuja finalidade é criar um ambiente de investimento compatível com as demandas de desenvolvimento sustentável da sociedade e estimular práticas mais sustentáveis nas empresas (Bassetto, 2010).

O ISE é um índice de ações referencial para os investimentos ambientalmente responsáveis, composto por empresas que se destacam em sustentabilidade. O Conselho Deliberativo é composto por membros das seguintes instituições: Associação Brasileira das Entidades Fechadas de Previdência Complementar (ABRAPP); Associação Nacional de Bancos de Investimentos (ANBID); Associação dos Analistas e Profissionais de Investimentos do Mercado de Capitais (APIMEC); BM&FBOVESPA; Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social (ETHOS); Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC); International Finance Corporation - Banco Mundial (IFC); Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). A Fundação Getúlio Vargas (FGV) é a instituição responsável pela pesquisa e metodologia do ISE, cuja carteira de 6 de janeiro de 2014 a 2 de janeiro de 2015 era composta por 40 empresas (BM&FBOVESPA, 2014b).

Desde a sua criação, em dezembro de 2005, até dezembro de 2015, o ISE apresentou taxa de crescimento acumulado superior ao do Ibovespa (Indicador do desempenho médio das cotações das ações de maior negociabilidade e representatividade no mercado de ações brasileiro), conforme Tabela 5.

A Tabela 5 mostra que os investidores buscam investir em ações e títulos de empresas comprometidas com práticas de gestão sustentáveis. No período de 2006 a 2015 o ISE obteve uma performance de +222% em relação ao Ibovespa, comprovando a percepção positiva de valor pelos investidores em relação às 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, 2014b).

A integração de variáveis econômicas com as ambientais e o uso de métricas que mensurem o uso de recursos naturais para as empresas listadas no ISE são aspectos da Teoria da Agência que contribuem

**Tabela 5.** Taxas de crescimento do ISE e do Ibovespa.

Taxa de crescimento (%)		Ibovespa
Ano	ISE	
2006	+37,8	+32,9
2007	+40,4	+43,6
2008	-41,1	-41,2
2009	+66,4	+82,7
2010	+5,8	+1,0
2011	-3,3	-18,1
2012	+20,5	+7,4
2013	+1,9	-15,5
2014	-1,9	-2,9
2015	-10,9	-10,6
Acumulado	108,2	33,6
Média anual	7,6	2,9
Média mensal	0,61	0,24

Fonte: BM&FBOVESPA (2016).

para ampliação dos significados tradicionais de ativos e passivos contábeis, relacionando-os à preservação de toda biosfera, conforme conceitos governança corporativa (Sant'Ana et al., 2016).

A modelagem de sistemas que avaliam a sustentabilidade de empresas do segmento de abastecimento de água e saneamento é abordada como um aspecto crucial de governança corporativa relacionada à transparência e ao respeito pelas várias partes interessadas no processo de decisão (Marques et al., 2015).

### 2.3 Variáveis de sustentabilidade ambiental

Para Collen et al. (2008), na mensuração de variáveis complexas, como a sustentabilidade ambiental e empresarial, a construção de métricas e indicadores acabam por apresentar dificuldades operacionais. Citam como exemplo, a dificuldade de medir os ecossistemas do planeta, sendo necessária atribuição de estimativas e analogias. As estimativas, por natureza, são susceptíveis de polêmica e contestação, porque podem ter um grau de subjetividade associado.

Há uma grande quantidade de métricas, indicadores e ferramentas para mensuração de sustentabilidade. 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.

Segundo Pulselli et al. (2008), ao analisar a mensuração da sustentabilidade, face à complexidade do processo e grande quantidade de indicadores existentes, em conformidade com Comissão da ONU

sobre o desenvolvimento sustentável (CDS) (Criada em 29 de janeiro de 1993, pela Assembleia Geral da ONU, por meio da Resolução A/RES/47/191 (UN, 1993)) e Resolução A/RES/47/191 da ONU (Resolução 47/191, de 22 de dezembro de 1992, Institutional arrangements to follow up the United Nations Conference on Environment and Development, A/RES/47/191, 29 January 1993 (UN, 1993)), um indicador de sustentabilidade deve contemplar os seguintes requisitos:

- ✓ fundamentado em sólida base científica reconhecida pela comunidade internacional;
- ✓ relevante para englobar os fatores cruciais do desenvolvimento sustentável, incluindo aspectos locais e globais;
- ✓ transparente para que seja compreendido pelo público não especializado no tema;
- ✓ quantificável e ancorado em dados disponíveis ou fáceis de se obter e atualizar, e;
- ✓ limitado em quantidade, dependendo da finalidade de uso.

### 2.4 Recursos R e N

A partir de 2008, o ISE passou a contemplar na metodologia aspectos ambientais considerados críticos pelo Conselho Deliberativo do ISE: recursos naturais (Denominação aplicada a todas as matérias primas (R e N), obtidas diretamente da natureza e aproveitáveis pelo homem. São classificados como recursos R ou N em função do tempo necessário para a sua reposição. Os recursos N incluem substâncias que não podem ser recuperadas em um curto período de tempo como, por exemplo, petróleo e minérios em geral. Os recursos R são aqueles que podem se renovar ou podem ser recuperados, com ou sem interferência humana, como as florestas, luz solar, ventos e a água) N e R. O ISE considera como crítico, o impacto ambiental que em função de critérios técnicos (severidade, reversibilidade, magnitude, abrangência espacial), sociais ou legais, demanda ações específicas de prevenção, controle e monitoramento pelas empresas.

A decisão do Conselho Deliberativo do ISE de classificar como aspecto ambiental crítico as empresas que utilizam intensivamente recursos N e usam poucos recursos R está em conformidade com os conceitos e condições para definição dos limites sustentáveis de um sistema produtivo (Daly, 1996; Barret & Odum, 2007; McKelvey, 1982; Brown, 2009; Giannetti 2009 apud Di Agustini, 2009).

## 2.5 Avaliação em eMergia

A base conceitual e aplicação sobre eMergia foi desenvolvida por Odum (1996), ao propor uma metodologia consistente 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, num processo.

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.

A contabilidade pela metodologia de avaliação em eMergia mensura cientificamente a interferência de um sistema produtivo na biosfera, segregando e inventariando recursos N e R (Figura 3), em conformidade com as medidas adotadas pelo Conselho Deliberativo do ISE a partir de 2008.

A Figura 3 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 grande inovação proposta por Odum (1996) foi estruturar uma metodologia que possibilita contabilizar e mensurar diferentes recursos e processos, geralmente 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.

### 2.5.1 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 dos sistemas para a sustentabilidade da biosfera. A Equação 1 ilustra a fórmula.

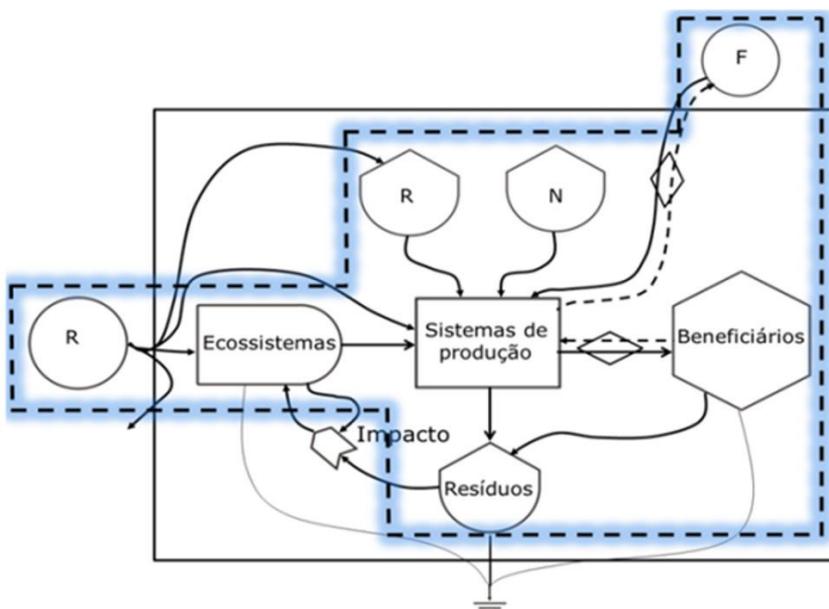


Figura 3. Limites da metodologia avaliação em eMergia. Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

$$SI = EYR \div ELR \quad (1)$$

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).

O conceito de sustentabilidade, considerando a dimensão ambiental (biosfera), está associado à maximização de EYR e a minimização de ELR, ou seja, um setor, uma empresa ou produto/serviço deveria ter o máximo aproveitamento do investimento com um mínimo de consumo dos recursos ambientais.

Para valores de SI abaixo de 1, são indicativos de sistemas não sustentáveis (Brown & 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.

### 2.5.2 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. A Equação 2 ilustra a fórmula.

$$EYR = (R + N + F) \div F \quad (2)$$

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.

### 2.5.3 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. A Equação 3 ilustra a fórmula.

$$ELR = (N + F) \div R \quad (3)$$

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.

Barrella et al. (2005) e Giannetti et al. (2007a) propuseram uma ferramenta gráfica denominada

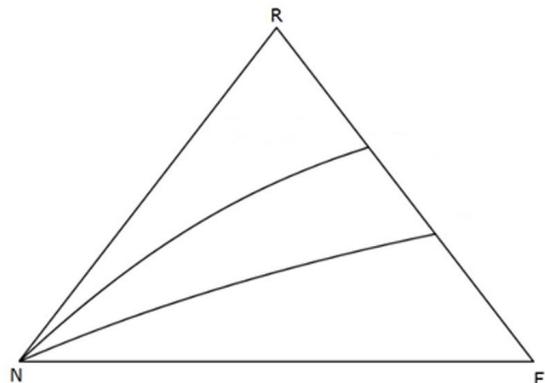
diagrama ternário de eMergia, em que, por meio de um diagrama triangular equilátero, as três variáveis (R, N e F) utilizadas no objeto de estudo são associadas às porcentagens de cada recurso, ou seja, a soma dos recursos R, N e F será sempre 100%. Assim, é possível representar as três variáveis em duas 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 possibilita:

- ✓ identificar tendências e diferenças em relação à sustentabilidade dos sistemas avaliados;
- ✓ verificar variáveis que podem ser trocadas e/ou rearranjadas para melhorar o desempenho ambiental de um sistema;
- ✓ mensurar a eficiência do sistema quanto ao uso de reservas e capacidade de suporte do ambiente, necessário à sua atividade; e
- ✓ comparar e acompanhar performance do sistema avaliado ao longo do tempo (Giannetti et al., 2007b).

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 (Figura 4).



**Figura 4.** Diagrama ternário em eMergia e linhas de sustentabilidade. Fonte: Giannetti et al. (2007b, p. 12).

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 (Figuras 3 e 4), em conformidade com as determinações do Conselho Deliberativo do ISE.

### 3 Metodologia

Para atingir o objetivo proposto neste trabalho 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 6 e 7.

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

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, conforme Tabela 8.

A Figura 5 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.

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 das empresas (Tabela 2).

Calculou-se os indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI, Tabela 3) 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 2).

## 4 Resultados e discussão

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

A relação recursos recebidos pelos clientes *versus* recursos pagos em eMergia, a partir do inventário de recursos das empresas, considerando o fluxo de trocas entre o meio ambiente e os sistemas de produção/consumo (Odum, 1996), estão apresentados na Tabela 2.

A Tabela 2 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. Já 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.

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 estudo.

### 4.2 Indicadores da contabilidade em eMergia

Os indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI) estão apresentados na Tabela 3 e o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade para melhor visualização das posições das empresas em relação aos indicadores de sustentabilidade ambiental estão ilustrados na Figura 2.

A Tabela 3 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.

Tabela 6. Entradas de energia e materiais utilizados pelas empresas em 2013.

R\$ transformatividade do Brasil 2013	Unid.	Quantidade			Emergia sej/unid.	Unid.	Fonte
		SABESP	COPASA	SANEPAR			
<b>Recursos R (água)<sup>a</sup></b>	m <sup>3</sup>	<b>4.686.347.400</b>	<b>1.478.868.607</b>	<b>1.185.347.038</b>	<b>271.340.745</b>	Sej/m <sup>3</sup>	Buenfil (média)
<b>Recursos pagos (F) - fluxo</b>							
Custos e despesas	R\$	8.399.283.000	3.148.360.000	1.826.049.000	556.643.000	EmR\$/ano	°
Impostos <sup>b</sup>	R\$	732.040.000	146.363.000	141.226.000	25.037.000	EmR\$/ano	°
<b>Uso de ativos (F) - estoques</b>							
Circulantes	R\$	3.254.087.000	1.079.708.000	601.122.000	345.860.000	EmR\$/ano	°
Realizável a Longo Prazo	R\$	896.781.000	1.270.102.000	577.633.000	187.462.000	EmR\$/ano	°
Permanentes							
Investimentos	R\$	77.699.000	260.000	2.937.000	304.000	EmR\$/ano	°
Imobilizado	R\$	199.496.000	5.334.365.000	5.314.728.000	290.998.000	EmR\$/ano	°
Intangível	R\$	23.846.231.000	8.672.619.000	251.607	1.504.284.000	EmR\$/ano	°
<b>Total empregado (F)</b>	R\$	<b>13.559.386.000</b>	<b>19.651.777.000</b>	<b>8.463.946.607</b>	<b>2.910.588.000</b>		(R+F)
<b>Total empregado (média Buenfil)</b>	Sej/m <sup>3</sup>						Buenfil (média)
<b>Produção de água potável</b>	m <sup>3</sup>	2.149.100.000	685.476.240	578.751.800	177.627.190	Sej/m <sup>3</sup>	Buenfil (2001)
<b>Produção de esgoto tratado</b>	m <sup>3</sup>	1.579.100.000	455.626.080	372.570.060	31.096.460	Sej/m <sup>3</sup>	Arias & Brown (2009)
<b>Total Y</b>	m <sup>3</sup>	<b>3.728.200.000</b>	<b>1.141.102.320</b>	<b>951.321.860</b>	<b>208.723.650</b>	Sej/m <sup>3</sup>	Buenfil (Tampa Bay)
<b>Recebido dos clientes</b>	R\$	11.315.567.000	3.714.818.000	2.370.179.000	659.952.000	EmR\$/ano	°
<b>Tarifa média água potável</b>	R\$/m <sup>3</sup>	5,27	5,42	4,10	3,72		

<sup>a</sup>Inclui perdas no processo; <sup>b</sup>Imposto de Renda e Contribuição Social; <sup>c</sup>University of Florida (2014). Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

Tabela 7. Entradas de energia e materiais utilizados pelas empresas em 2013 em Sej/ano.

R\$ transformidade do Brasil 2013	Unid.	Vida útil <sup>c</sup>	Quantidade			
			SABESP	COPASA	SANEPAR	CASAN
<b>Recursos R (água)<sup>a</sup></b>	m <sup>3</sup>		<b>4.686.347.400</b>	<b>1.478.868.607</b>	<b>1.185.347.038</b>	<b>271.340.745</b>
<b>Recursos pagos (F) - fluxo</b>						
Custos e despesas	R\$	1	8.399.283.000	3.148.360.000	1.826.049.000	556.643.000
Impostos <sup>b</sup>	R\$	1	732.040.000	146.363.000	141.226.000	25.037.000
<b>Uso de ativos (F) - estoques</b>						
Circulantes	R\$	1	3.254.087.000	1.079.708.000	601.122.000	345.860.000
Realizável a Longo Prazo	R\$	5	896.781.000	1.270.102.000	577.633.000	187.462.000
Permanentes						
Investimentos	R\$	25	77.699.000	260.000	2.937.000	304.000
Imobilizado	R\$	25	199.496.000	5.334.365.000	5.314.728.000	290.998.000
Intangível	R\$	10	23.846.231.000	8.672.619.000	251.607	1.504.284.000
<b>Total empregado (F)</b>	R\$		<b>13.559.386.000</b>	<b>19.651.777.000</b>	<b>8.463.946.607</b>	<b>2.910.588.000</b>
<b>Total empregado (média Buenfil)</b>	Sej/m <sup>3</sup>					
<b>Produção de água potável</b>	m <sup>3</sup>	1	2.149.100.000	685.476.240	578.751.800	177.627.190
<b>Produção de esgoto tratado</b>	m <sup>3</sup>	1	1.579.100.000	455.626.080	372.570.060	31.096.460
<b>Total Y</b>	m <sup>3</sup>		<b>3.728.200.000</b>	<b>1.141.102.320</b>	<b>951.321.860</b>	<b>208.723.650</b>
<b>Recebido dos clientes</b>	R\$	1	11.315.567.000	3.714.818.000	2.370.179.000	659.952.000
<b>Tarifa média água potável</b>	R\$/m <sup>3</sup>		5,27	5,42	4,10	3,72

<sup>a</sup>Inclui perdas no processo; <sup>b</sup>Imposto de Renda e Contribuição Social; <sup>c</sup>Brasil: Instrução Normativa da Receita Federal/98 e Lei 6.404/76 (Brasil, 1976, 1999). Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

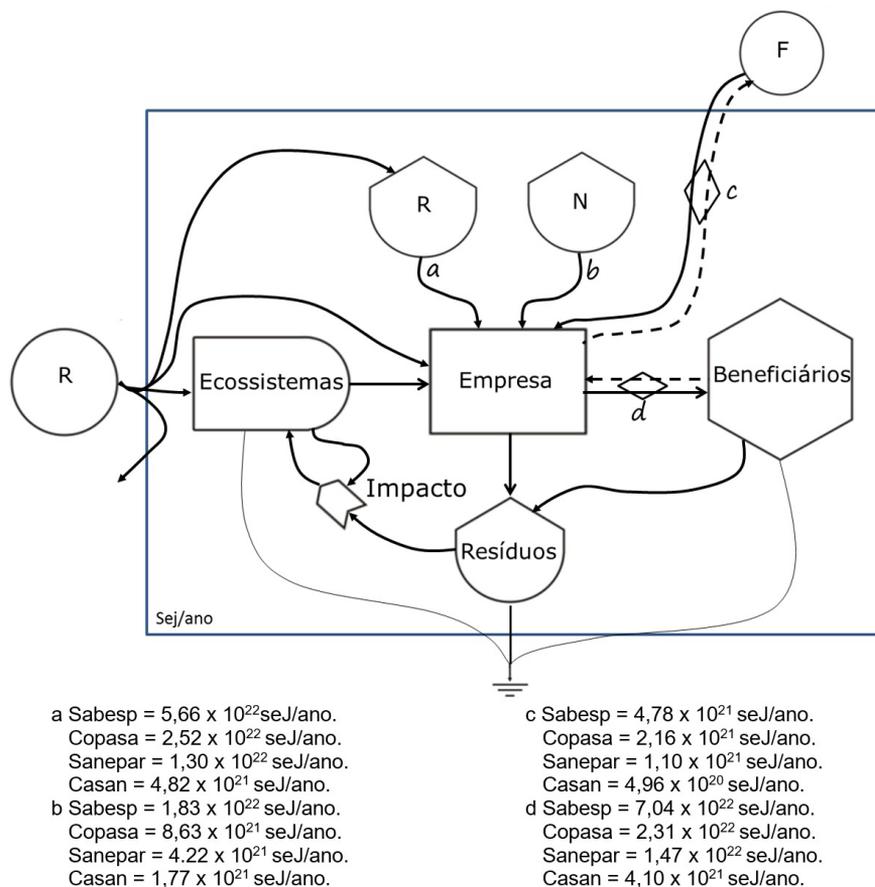


Figura 5. Fluxos resumidos de recursos das empresas em 2013. Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

**Tabela 8.** Inventário de recursos R, N e F das empresas.

	Sej/ano (%)			
	SABESP	COPASA	SANEPAR	CASAN
<b>R</b>	71%	70%	71%	68%
<b>N</b>	23%	24%	23%	25%
<b>F</b>	6%	6%	6%	7%

Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

## 5 Conclusões

Para atingir o objetivo avaliar a interação de variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas de abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA em 2014, definiram-se as fronteiras do sistema de cada empresa com as fontes de energia e materiais que o alimentam, foi construído um diagrama de energia do sistema (Odum, 1996) e foram resumidos os fluxos em um diagrama agregado dos fluxos de energia.

As Tabelas 6 e 7 mostram 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.

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, conforme Tabela 8.

Os resultados da verificação em que questiona se os consumidores estão pagando, em se/J ou se/JR\$, os recursos recebidos dos ecossistemas naturais quando compram produtos e serviços pagos em dinheiro (Odum, 1996), relação recursos recebidos pelos clientes *versus* recursos pagos em eMergia, foram apresentados na Tabela 2.

O cálculo dos indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI) e o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade indicando as posições das empresas em relação aos indicadores de sustentabilidade ambiental foram apresentados na Tabela 3 e Figura 2.

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.

A principal limitação deste estudo foi avaliar as variáveis de sustentabilidade ambiental das empresas ancorado nas informações dos demonstrativos financeiros anuais (balanços) publicados.

A título de sugestões para estudos futuros, são muitas as possibilidades de ampliação, aprofundamento e desenvolvimento de metodologias e ferramentas científicas, nos campos teórico e empírico, para mensuração da interferência das atividades de produção na biosfera.

É inegável a convergência em relação à necessidade de se avaliar a dimensão ambiental de empresas/setores

empresariais. As ferramentas e metodologias de mensuração científica que alcancem os limites dos ecossistemas naturais e mensurem fisicamente a interferência das atividades produtivas sobre a biosfera são o caminho mais seguro para avaliar a sustentabilidade na dimensão ambiental.

No campo jurídico, incorporar requisitos científicos de mensuração física do uso de recursos N, R, F e seus indicadores das atividades produtivas em leis, normas e atributos legais de proteção jurídica aos ecossistemas naturais pode contribuir para minimizar a degradação dos ecossistemas.

Na área de avaliação de investimentos de capital, incorporar requisitos científicos de mensuração física do uso de recursos N, R, F das atividades produtivas considerando a escala econômica, possibilita que investidores direcionem recursos para investimentos que gerem maior sustentabilidade ambiental no longo prazo.

No âmbito da gestão das empresas, incorporar requisitos científicos de mensuração física do uso de recursos N, R, F das atividades produtivas considerando a escala econômica nas técnicas e ferramentas de gestão, pode contribuir para interiorizar na contabilidade financeira das empresas métricas, que ampliem os significados tradicionais de ativos e passivos contábeis, relacionando-os à preservação de toda biosfera, conforme conceitos de equilíbrio e accountability (Kassai et al., 2012).

Como afirma Meadows (1998), mensurar o que é imensurável pode ter um aspecto ambíguo: os indicadores podem ser profícuos ou perigosos na tomada de decisões, principalmente quando há superagregação subjetiva de muitos dados num único índice. Os “indicadores de dimensão ambiental” mitigam a agregação subjetiva aos indicadores porque são ancorados em metodologias científicas com medições físicas.

## Referências

- Agência Nacional de Águas – ANA. (2014). *Abastecimento urbano de água*. Brasília. Recuperado em 13 de outubro de 2015, de <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>
- Alves, V. C., & Barbosa, A. S. (2013). Práticas de gestão ambiental das indústrias coureiras de Fraca-SP. *Gestão & Produção*, 20(4), 883-898. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000006>.

- Anchieta, J. (1595). *Arte de grammatica da lingoa mais usada na costa do Brasil feyta pelo P. Ioseph de Anchieta Theologo e Provincial que foy da Cõpanhia de Iesu nas partes do Brasil, com licença do Ordinário e Prepósito Geral da Companhia de Iesu em Coimbra por Antonio de Mariz, 1595*. São Paulo: Biblioteca Brasileira Guita e José Mindlin. Recuperado em 22 de agosto de 2017, de <http://www.brasiliana.usp.br/handle/1918/00059200#page/5/mode/1up>
- Arias, M. E., & Brown, M. T. (2009). Feasibility of using constructed treatment wetlands for municipal wastewater treatment in the Bogota Savannah, Colombia. *Ecological Engineering*, 35(7), 1070-1078. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.03.017>.
- Barrella, F. A., Almeida, C. M. V. B., & Giannetti, B. F. (2005). Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e o meio ambiente. *Revista Produção*, 15(1), 87-101. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132005000100008>.
- Barret, G. W., & Odum, E. P. (2007). *Fundamentos de ecologia*. São Paulo: Thomson Learning.
- Bassetto, L. I. (2010). A incorporação da responsabilidade social e sustentabilidade: um estudo baseado no relatório de gestão 2005 da Companhia Paranaense de Energia – COPEL. *Revista Gestão & Produção*, 17(3), 639-651. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000300016>.
- Bertolini, G. R. F., Rojo, C. A., & Lezana, Á. G. R. (2012). Modelo de análise de investimentos para fabricação de produtos ecologicamente corretos. *Revista Gestão & Produção*, 19(3), 575-588. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2012000300010>.
- BM&FBOVESPA. (2014a). *Empresas listadas*. Recuperado em 31 de março de 2014, de <http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/>
- BM&FBOVESPA. (2014b). *Carteira do ISE*. Recuperado em 28 de março de 2014, de <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/noticias/2013/BMFBOVESPA-divulga-a-carteira-do-ISE-para-2014-2013-11-28.aspx?tipoNoticia=1&idioma=pt-br>
- BM&FBOVESPA. (2015). *Empresas listadas*. Recuperado em 13 de abril de 2015, de <http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/>
- BM&FBOVESPA. (2016). *Índices*. Recuperado em 12 de janeiro de 2016, de <http://www.bmfbovespa.com.br/indices/ResumoEvolucaoDiaria>
- Brasil. (1976, 15 de dezembro). *Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Características e Natureza da Companhia ou Sociedade Anônima*. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- Brasil. (1999, 7 de janeiro). *Instrução normativa SRF nº162, de 31 de dezembro de 1998. Fixa prazo de vida útil e taxa de depreciação dos bens que relaciona*. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- Brasil. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. (2006). *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília.
- Brown, L. R. (2009) *Plano B 4.0: mobilização para salvar a civilização*. São Paulo: New Content.
- Brown, M. T., & Ulgiati, S. (1997). Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological Engineering*, 9(1-2), 51-69. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-8574\(97\)00033-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-8574(97)00033-5).
- Brown, M. T., & Ulgiati, S. (2002). Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *Journal of Cleaner Production*, 10(4), 321-334. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00043-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00043-9).
- Buenfil, A. (2001). *Emergy evaluation of water* (Dissertation). University of Florida, Gainesville.
- Campos, L. M. S., Sehnem, S., Oliveira, M. A. S., Rossetto, A. M., Coelho, A. L. A. L., & Dalfovo, M. S. (2013). Relatório de Sustentabilidade: perfil das organizações brasileiras e estrangeiras segundo o padrão Global Reporting Initiative. *Gestão & Produção*, 20(4), 5. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000013>.
- Collen, B.; Goldfinger, S.; Kalter, R.; McRae, L.; Kitzes, J., Wackernagel, M. (2008). *2010 and beyond rising to the biodiversity challenge*. Gland: WWF.
- Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. (1991). *Nosso futuro comum* (2. ed.). Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas.
- Marques, R. C., Cruz, N. F., & Pires, J. (2015). Measuring the sustainability of urban water services. *Environmental Science & Policy*, 54, 142-151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.07.003>.
- Daly, H. E. (1996). *Beyond growth*. Boston: Beacon Press Books.
- Di Agustini, C. A. (2009). *Mercado de capitais e análise de ações*. São Paulo: Globus Editora.
- Ferreira, A. B. H. (2001). *Novo dicionário da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Giannetti, B. F., Barrella, F. A., Bonilla, S. H., & Almeida, C. M. V. B. (2007a). Aplicações do diagrama emergético triangular na tomada de decisão ecoeficiente. *Revista Produção*, 17(2), 246-262. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132007000200003>.
- Giannetti, B. F., Neis, A. M., Bonilla, S. H., & Almeida, C. M. V. B. (2007b) Decisões e sustentabilidade ambiental. In P. L. O. Costa No. (Ed.), *Qualidade e competência nas decisões* (1. ed., Vol. 1, pp. 315-336). São Paulo: Edgard Blücher.
- Kassai, J. R., Feltran-Barbieri, R., Carvalho, L. N., Foschine, A., Cintra, Y. C., & Afonso, L. E. (2012). Balanço contábil das nações: reflexões sobre os cenários de mudanças climáticas locais. *Brazilian Business Review*, 9(1), 65-109.

- Kerk, G., & Manuel, A. (2008). Contribution to Beyond GDP “Virtual Indicator Expo” Sustainable Society Index (SSI): a new comprehensive index for world wide use. In *Proceedings of the International Conference of Beyond GDP: Measuring Progress, True Wealth, and the Well Being of Nations* (pp. 14). Brussels, Belgium.
- McKelvey, B. (1982). *Organizational systematics: taxonomy, evolution, classification*. Berkeley: University of California Press.
- Meadows, D. (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Hartland: The Sustainability Institute.
- Miranda, E. E. (2009). *Natureza, conservação e cultura*. São Paulo: Metalivros.
- Molinos-Senante, M., Mocholí-Arce, M., & Sala-Garrido, R. (2016). Estimating the environmental and resource costs of leakage in water in a distribution systems: a shadow price approach. *The Science of the Total Environment*, 568, 180-188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.020>. PMID:27289397.
- Munck, L., & Souza, R. B. (2013). Compreensão do desenvolvimento sustentável em contextos organizacionais a partir do estabelecimento de tipos ideais. *Revista O&S*, 20(67), 651-674.
- Odum, H. T. (1996). *Environmental accounting: emergy and environmental decision making*. New York: John Wiley & Sons.
- Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS. (2014). *Boletim diário*. Recuperado em 25 de setembro de 2014, de [http://www.ons.org.br/resultados\\_operacao/boletim\\_diario/index.htm](http://www.ons.org.br/resultados_operacao/boletim_diario/index.htm)
- Pontes, C. A. A., & Schramm, F. R. (2004). Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. *Cadernos de Saude Publica*, 20(5), 1319-1327. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2004000500026>. PMID:15486675.
- Pulselli, M. F., Bastianoni, S., Marchettini, N., & Tiezzi, E. (2008). *The road to sustainability*. Boston: WIT Press.
- Ramsey, M. (2012, 26 de Julho). *Built Ford tough, with Aluminum?* The Wall Street Journal. Recuperado em 26 de julho de 2012, de <http://online.wsj.com/article/C46E47E2-CD54-4132-AAC6-6E56544E9A23.html#!C46E47E2-CD54-4132-AAC6-6E56544E9A23>
- Sant’Ana, N. L. S., Medeiros, N. C. D., Silva, S. A. L., Menezes, J. P. C. B., & Chain, C. P. (2016). Concentração de propriedade e desempenho: um estudo nas empresas brasileiras de capital aberto do setor de energia elétrica. *Revista Gestão & Produção*, 23(4), 718-732. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x2576-15>.
- Sistema Cantareira. (2014). *Notícias e informações sobre o maior complexo de abastecimento da Grande São Paulo*. Recuperado em 3 de abril de 2014, de <http://sistemacantareira.com.br/>
- Swearer, D. K. (2004) *Buddhism and ecology: challenge and promise*. Yale: Yale School of Forestry & Environmental Studies.
- United Nations World Water Assessment Programme – WWAP. (2014). *The United Nations World Water Development Report 2014: water and energy*. Paris, UNESCO.
- United Nations – UN. General Assembly. (1993, 29 de janeiro) *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*. Recuperado em 13 de outubro de 2015, de <http://www.un.org/documents/ga/res/47/ares47-191.htm/>
- University of Florida. United Nations Environment Programme – 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)*. Florida. Recuperado em 18 de fevereiro de 2014, de [http://sahel.ees.ufl.edu/database\\_resources.php?search\\_type=basic&contry=BRA](http://sahel.ees.ufl.edu/database_resources.php?search_type=basic&contry=BRA)