

## PROSPECÇÃO DE ARTIGOS E PATENTES SOBRE MÉTODOS PARA VALORAÇÃO ECONÔMICA DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE INDICADORES EMERGÉTICOS

Ana Carolina Valerio Nadalini<sup>1\*</sup>, Ednildo Andrade Torres<sup>2</sup>, Ricardo Araujo Kalid<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universidade Federal da Bahia, BA, Brasil

Rec.:07/07/2017. Ace.:30/10/2017

### RESUMO

A preservação dos serviços ecossistêmicos e sua relação com o bem-estar humano tem se tornado assunto recorrente no meio acadêmico, embora pouco percebida nas políticas públicas. A valoração destes serviços é impreterível para que se tenha a dimensão de seu impacto na sociedade. O uso de indicadores físicos acabou se tornando uma ferramenta muito utilizada pelos economistas ecológicos por retratar melhor o impacto da economia humana no meio ambiente, devido às imperfeições da valorização monetária, possibilitando o entendimento da realidade complexa e nas quais múltiplas variáveis do ambiente estudado são interdependentes. O presente trabalho refere-se a um estudo por meio de prospecção de artigos e patentes sobre metodologias para avaliação de serviços ecossistêmicos onde são verificados alguns indicadores. A partir da análise dos resultados encontrados na prospecção verificou-se que métodos para determinar o valor econômico dos recursos naturais especificamente com a utilização de indicadores emergéticos ainda são pouco explorados, mas se constitui de um assunto emergente e de oportunidades para a pesquisa e desenvolvimento.

Palavras Chave: Avaliação de Serviços Ecossistêmicos, Indicadores Emergéticos, Patentes.

### ABSTRACT

The preservation of ecosystem services and their relationship with human welfare has become a recurring subject among the academics, even though it is not perceived in public policies. The valuation of these services is essential to have the extent of its impact on society. The use of physical indicators has become a tool widely used by ecological economists for better understanding the impact of the human economy in the environment, due to the imperfections of monetary valuation, enabling the understanding of complex reality in which multiple variables of the studied environment are interdependent. This work refers to a study through the prospecting of articles and patents on methodologies for evaluating ecosystem services where some indicators are verified. The prospecting results pointed out that methods used to determine the economic value of natural resources specially with the use of emergy indicators are yet under explored, but constitutes an emerging subject and opportunities for research and development.

Key words: Ecosystem Services, Emergy Indicators, Patents.

\*Autor para correspondência: [acnadalini@hotmail.com](mailto:acnadalini@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

A preservação dos serviços ecossistêmicos e sua relação com o bem-estar humano tem aumentado o interesse sobre o assunto no meio acadêmico, embora pouco percebida na formulação de políticas públicas. Há um consenso de que os ecossistemas da Terra não podem sustentar os níveis atuais de atividade econômica e de consumo dos recursos naturais. As economias têm como base os recursos e serviços que são fornecidos pelo trabalho passado e presente da biosfera. Mas como esses recursos são limitados e como não conseguimos alterar a velocidade com que são repostos pela natureza, a economia deveria crescer conforme esses limites (DAILY, 2004).

Quando a sociedade deixa de avaliar as contribuições dos ecossistemas naturais, como é o caso atualmente, os ecossistemas são degradados e isso causa desequilíbrios no meio ambiente. Neste sentido, métodos de avaliação dos serviços prestados pela natureza ao homem, os denominados serviços ecossistêmicos, são necessários para que a gestão pública e a população possam perceber, com clareza, as limitações impostas pela natureza e possamos tomar decisões adequadas ao meio ambiente e seus múltiplos usos.

O uso de indicadores tem sido uma ferramenta muito utilizada para valoração dos serviços ecossistêmicos por retratar melhor o impacto da economia humana no meio ambiente, devido às imperfeições da valorização monetária, possibilitando o entendimento da realidade complexa e nas quais múltiplas variáveis do ambiente estudado são interdependentes. A utilização dos chamados índices emergéticos possibilitam analisar e valorar os serviços ecossistêmicos, uma vez que consideram o sistema econômico como um sistema termodinâmico aberto e contabilizam os fluxos dos recursos da economia em unidades de energia agregada (ODUM, 1996; BROWN E ULGIATI, 2007; 2016).

O termo *emergia*, escrita com "m", foi proposto por Odum (1996) em 1983 para diferenciar o termo energia medido em joules. O "m" veio da palavra memória para definir "*energy memory*" como sendo o tipo de energia utilizado para se obter outro. A *emergia* soletrada com "m" pode ser definida como toda a energia consumida durante o processo de obtenção de um recurso natural, matéria prima, bens ou informação.

O uso da metodologia emergética para a avaliação de recursos naturais como subsídio para a formulação de políticas públicas, tem sido utilizada em outros países, como China, Itália e os Estados Unidos da América, tendo no último o exemplo da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (U.S. EPA) e o Serviço Florestal dos Estados Unidos da América (VOORA & THRIFT, 2010).

No Brasil, a maior parte dos trabalhos de avaliação emergética tem sido empregada em sistemas de produção agrícola, sistemas agrossilvipastoril, piscicultura e propriedades rurais, muitos deles realizados por pesquisadores do Laboratório de Engenharia Ecológica (LEIA), da Universidade Estadual de Campinas/SP.

O presente estudo tem por objetivo analisar o estado da técnica sobre as pesquisas desenvolvidas na avaliação de serviços ecossistêmicos com a utilização da metodologia emergética, uma vez que, segundo Quintella *et al.* (2011) a prospecção tecnológica é uma ferramenta importante na construção do conhecimento.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A Avaliação Energética é uma metodologia que contabiliza, além das energias dos recursos materiais e serviços vindos da economia, toda a energia vinda da natureza. Toda contribuição do sistema analisado é expressa na mesma unidade de medida, pois são empregados os fatores de NADALINI, A.C.V.; TORRES, E.A.; KALID, R.A.. Prospecção de artigos e patentes sobre métodos para valoração econômica de serviços ecossistêmicos através da utilização de indicadores emergéticos.

transformação ou “transformidades”, que permitem converter diferentes unidades de medida para a mesma unidade: joules de energia solar ou “em joules” (ODUM, 1996).

A energia solar de um produto é toda a energia do produto, expressa em energia solar necessária para produzi-lo, ou seja, a contabilidade de todos os recursos naturais (água, sol, chuva, vento, marés, solo, entre outros) e os recursos econômicos (insumos agrícolas, produtos químicos, equipamentos industriais, máquinas agrícolas, mão de obra).

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios diretos e indiretos derivados das funções de um ecossistema e consistem num fluxo de materiais, energia e informação do estoque de capital natural que se combinam com o capital produzido pelo homem (manufaturado) para gerar o bem-estar humano (DALY, 2004).

Ao se proceder à valoração dos serviços ecossistêmicos, tem-se uma ideia do valor que eles têm para a sociedade, não devendo ser tratados como bens de mercado porém, devem ter um valor monetizado para que as pessoas possam compreender a importância de sua manutenção e existência

Os métodos para tomada de decisões deveriam abranger sistemas ambientais, bem como econômicos e serem capazes de avaliar as consequências ambientais da gestão de decisões que muitas vezes, são guiadas por conflitos de valores sociais. As avaliações baseadas na metodologia emergética, podem fornecer uma maneira de avaliar os recursos naturais e serviços ambientais com uma visão independente das preferências humanas e da disposição a pagar. A análise emergética pode ainda ajudar a definir as melhores escolhas para o uso de um determinado recurso

## METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa documental exploratória de abordagem quantitativa. Para a busca de patentes, foi realizada coleta de dados em 04 de Março de 2016, sem limitação de período, onde utilizou-se a base de dados do EPO - Escritório Europeu de Patentes, o *Espacenet*, pela disponibilidade do acervo e gratuidade da pesquisa. Utilizou-se a classificação internacional de patentes e palavras chave que tornassem possível uma pesquisa representativa. Buscaram-se as patentes que contivessem as palavras-chaves: *ecosystem\**, *indic\**, *evaluat\**, *emerg\** no título e no *abstract* e que pertencessem aos códigos G06Q90/00 (sistemas ou métodos especialmente adaptados com propósitos administrativos, comerciais, financeiros, gerenciais, de supervisão ou previsão, não envolvendo quantidade significativa de processamento de dados) ou Y02 (tecnologias ou aplicações para mitigação ou adaptação envolvendo mudanças climáticas), no IPC- Classificação Internacional de Patentes, conforme escopo apresentado na Quadro 1 -

Quadro 1 - Escopo de busca de patentes elaborada a partir da pesquisa com código internacional e palavras chave.

Ecosystem*	Indic*	Evaluat*	Emergy*	G06Q90/00	Y02	World wide
X						3025
	X					+ 100mil
		X				+ 100mil
			X			82
				X		2101
					X	+ 100mil
				X	X	13
			X	X		1
X				X		4
X	X			X		0
X		X		X		0
X	X	X	X	X		0
X	X	X	X		X	0
X				X	X	0
		X		X	X	0

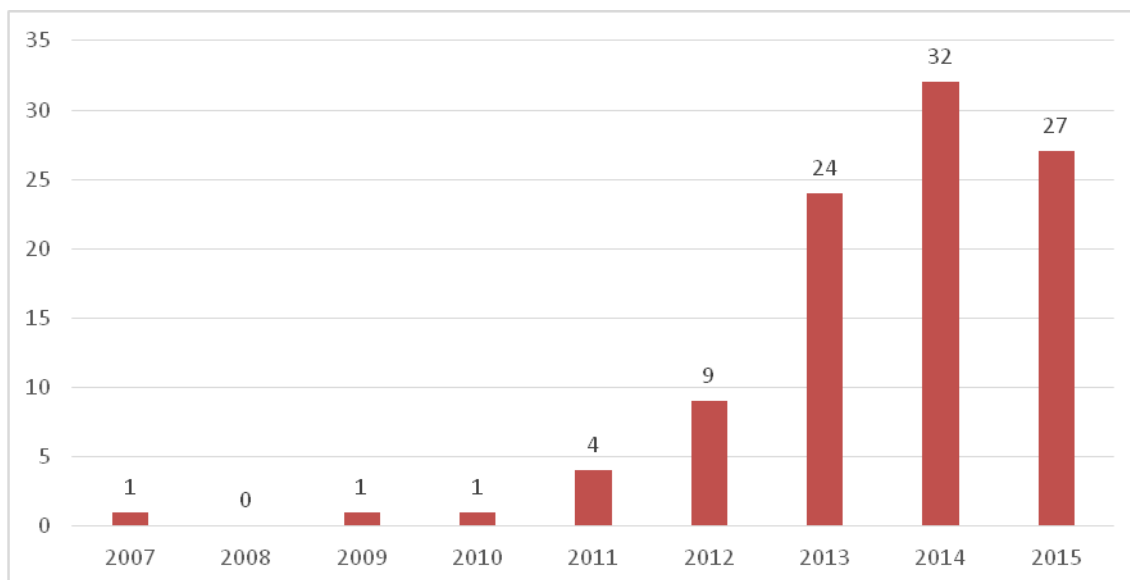
Fonte: Autoria própria, 2016.

Como não foram encontradas patentes com todas as palavras-chaves pesquisadas, optou-se por fazer uma busca em artigos científicos com o mesmo tema. Para os artigos, foi realizada uma busca na plataforma da *Web of Science*, utilizando como palavras-chave: *ecosystem\**, *indic\**, *evaluat\**, *emergy\**. Na busca, as palavras foram analisadas nos tópicos, tendo sido encontrados 471 artigos entre os anos de 1995 e 2016.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

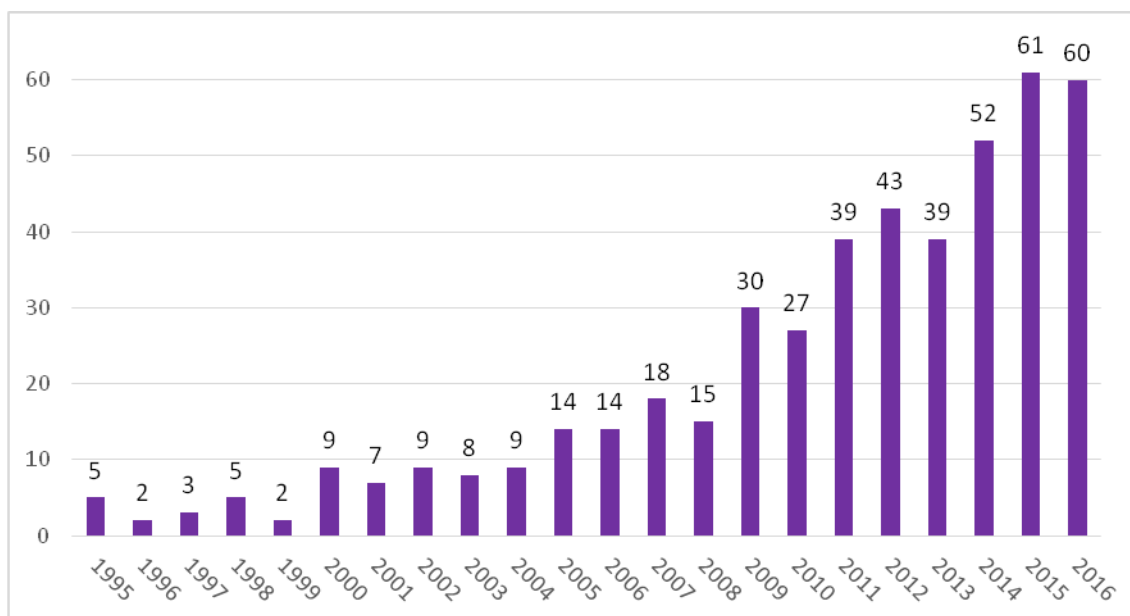
Foram encontradas 2101 patentes e, após exclusão daquelas da mesma família, 100 patentes foram processadas. A evolução anual das patentes e artigos, representada pelas Figuras 1 e 2 respectivamente, confirma ser a avaliação de serviços ecossistêmicos uma metodologia recente, com tendência a continuar o interesse de pesquisadores no tema.

Figura 1. Número de depósitos de patente de invenção para sistemas de avaliação de ecossistemas, no período de 2007 a 2015.



Fonte: Autoria própria, 2016.

Figura 2. Evolução anual dos artigos publicados sobre avaliação emergética de ecossistemas, no período de 1995 a 2016.



Fonte: Autoria própria, 2017.

Ao se comparar os dois gráficos, percebe-se que, o aumento significativo de artigos publicados ocorreu a partir de 2006 sendo que a aplicação de patentes ocorreu a partir de 2007. Pode-se argumentar que o interesse por metodologias que apontassem o valor econômico, social e cultura dos ecossistemas ganhou força com o relatório publicado pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio em 2005 cujo objetivo segue delineado a seguir:

(...) avaliar as consequências das mudanças nos ecossistemas sobre o bem-estar humano, e estabelecer uma base científica que fundamentasse as ações

necessárias para assegurar conservação e uso sustentável dos ecossistemas e suas contribuições para o bem-estar humano (MEA, 2005, p. 6).

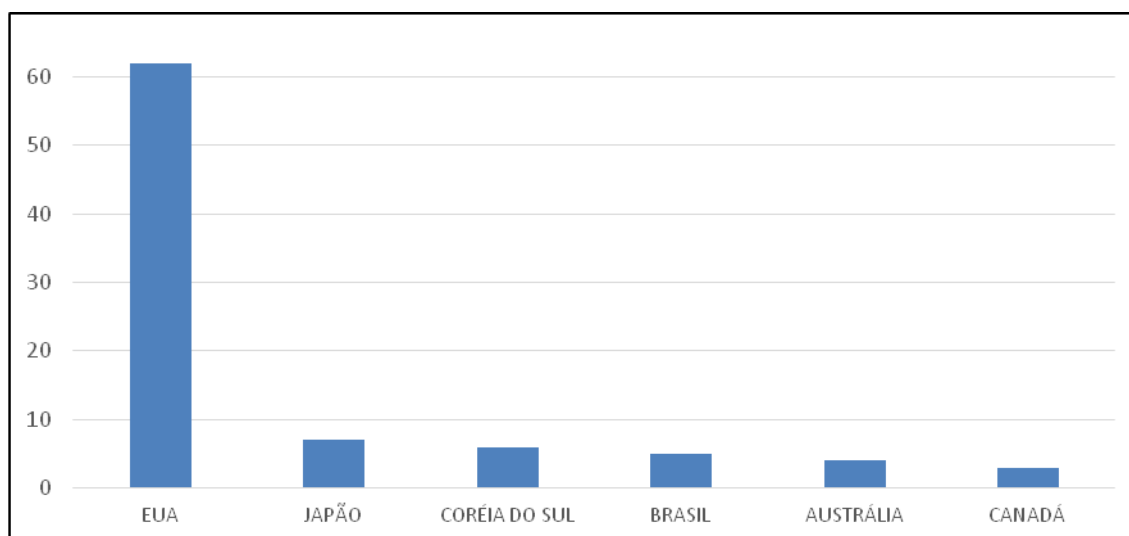
O MEA (2005) apontou que cerca de 60% (15 entre 24) dos serviços dos ecossistemas globais têm sido degradados ou utilizados de forma não sustentável e que mudanças significativas nas políticas, instituições e práticas podem mitigar muito das consequências negativas do aumento da pressão sobre os ecossistemas pois deveriam antecipar os resultados das ações implementadas além de ter conhecimento dos valores econômicos, sociais e ambientais associados à modificação de uso de uma determinada área.

Segundo LAURILA-PANT et al 2015, o principal objetivo ao se analisar as decisões a serem tomadas nas políticas públicas é selecionar alternativas de gerenciamento que minimizem os riscos e custos e maximizem os benefícios e aceitação popular. No entanto, para se poder fazer uma análise adequada, é necessário que os objetivos do gerenciamento incluam a biodiversidade e para tanto, tenham um valor quantitativo para que possam ser comparáveis entre si. Sob outro aspecto, pode-se dizer que, ao se quantificar monetariamente um ecossistema, pode ser de grande ajuda ao demonstrar a importância de sua manutenção.

No entanto, o estudo (MEA, 2005) apontou que essas mudanças importantes não estavam em andamento e isso também pode ser percebido pelo baixo número de patentes encontradas, de acordo com os códigos avaliados, sugerindo gargalos tecnológicos a serem solucionados. Observa-se que existe um número significativo de publicações que envolvem o tema em pauta, indicando que os pesquisadores têm priorizado publicar artigos a depositar patentes para proteção de suas pesquisas.

Os Estados Unidos ocupam a liderança absoluta de depósito de patentes por países com 62 documentos, seguidos do Japão e Coreia do Sul com 7 e 6 documentos de patentes, respectivamente (Figura 3). O Brasil ocupa o 4º lugar e apresentou 5 depósitos de patentes. Acredita-se que esta proporção reflete uma situação real, pois os Estados Unidos são um país mundialmente reconhecido por investimentos em ciência e tecnologia, com consequente crescimento tecnológico em várias áreas do conhecimento.

Figura 3. Países líderes em patentes



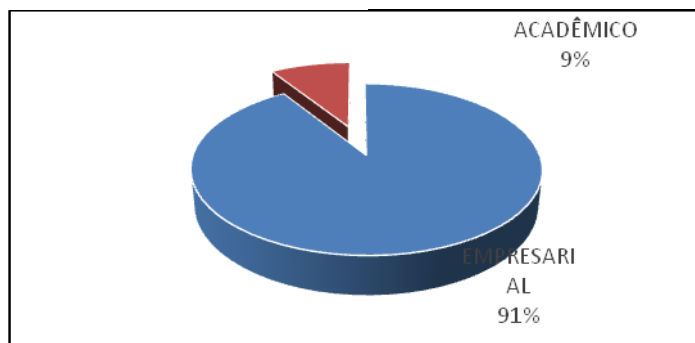
Autoria própria, 2016.

Entre os depositantes é possível identificar o percentual de patentes que foram depositadas pela academia, por pessoas físicas, pelas corporações empresariais ou por instituições governamentais (Figura 4). Pode-se observar que as empresas detêm a maior fatia da tecnologia com 91% das

NADALINI, A.C.V.; TORRES, E.A.; KALID, R.A.. Prospecção de artigos e patentes sobre métodos para valoração econômica de serviços ecossistêmicos através da utilização de indicadores emergéticos.

patentes e as universidades possuem apenas 9% das patentes. A partir destes dados é possível concluir que o interesse dos governos e universidade por novos métodos para avaliação de ecossistemas é muito baixo, quando comparado com as empresas particulares.

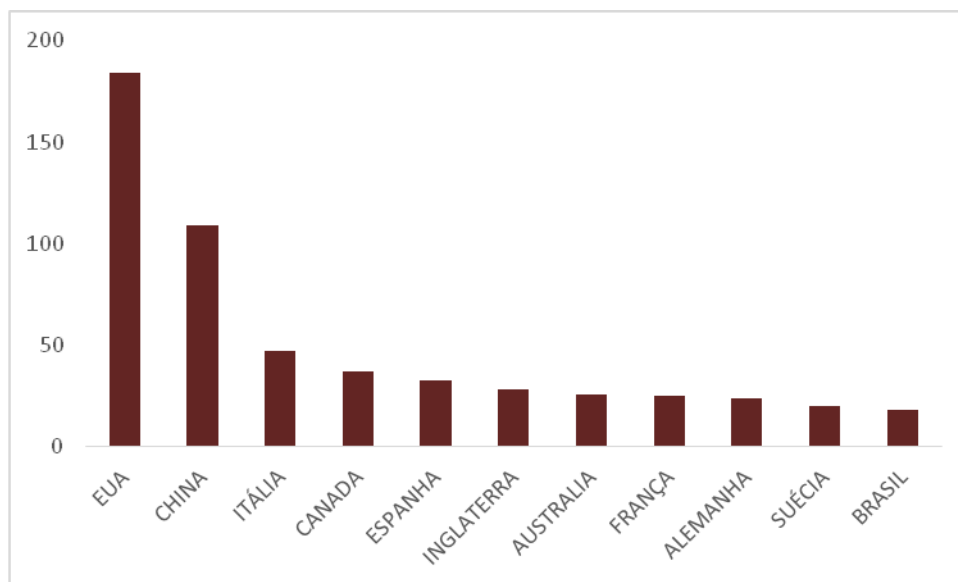
Figura 4: Classificação dos depositantes das patentes



Fonte: Autoria própria, 2016.

Em relação aos artigos, o país que mais tem publicações com o tema de uso de indicadores emergéticos são os EUA com 184 artigos, seguido pela China (109 artigos) e Itália (47 artigos) conforme Figura 5: Países com mais publicações em periódicos. sendo que o Brasil ocupa o 11º lugar, com apenas 18 publicações.

Figura 5: Países com mais publicações em periódicos.



Autoria própria, 2017.

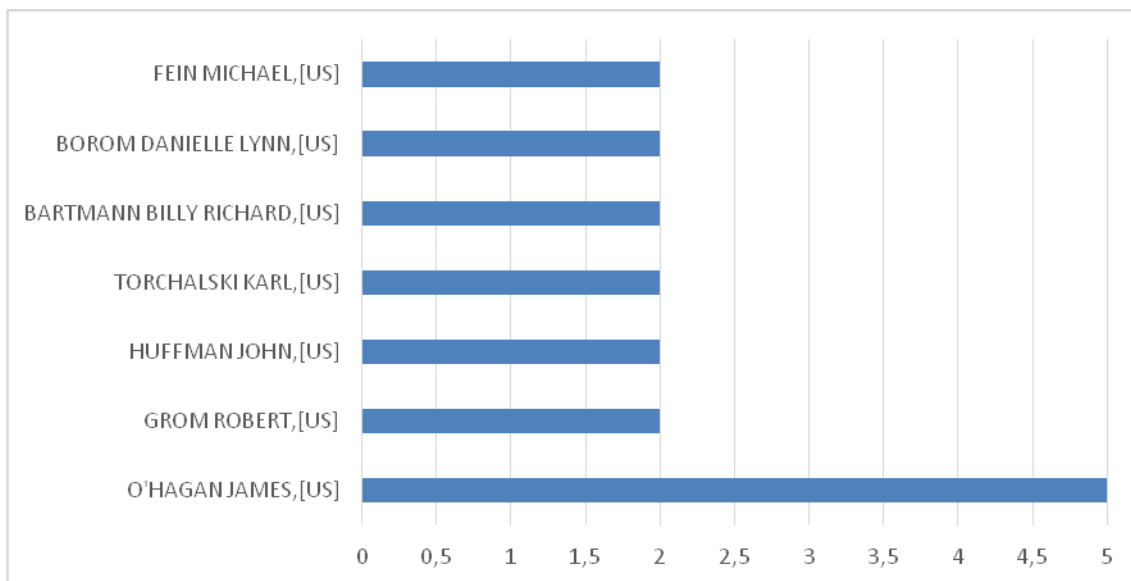
Dentre as patentes pesquisadas, apenas uma faz menção a utilização de indicadores emergéticos para a avaliação de recursos naturais. A patente "[Emergy analysis-based urban ecological system health assessment index](#)" foi depositada na China em 2011, e também está entre os artigos publicados em 2013. Neste sentido, a China tem publicado diversos artigos científicos na área de energia porém não apresentou expressividade no depósito de patentes.

Percebe-se que os maiores inventores, considerados aqueles que tiveram mais de duas patentes publicadas, são dos EUA (Figura 6). Verifica-se que não há pesquisadores brasileiros entre os principais inventores, e segundo Cruz et al. (2017) essa realidade é percebida também em outras áreas da produção científica do país o que atesta a necessidade de se expandir o desenvolvimento

NADALINI, A.C.V.; TORRES, E.A.; KALID, R.A.. Prospecção de artigos e patentes sobre métodos para valoração econômica de serviços ecossistêmicos através da utilização de indicadores emergéticos.

científico e tecnológico no Brasil, o que, segundo os mesmos autores, poderia ser melhorado através do incentivo de pesquisadores e estudantes de publicarem em periódicos internacionais

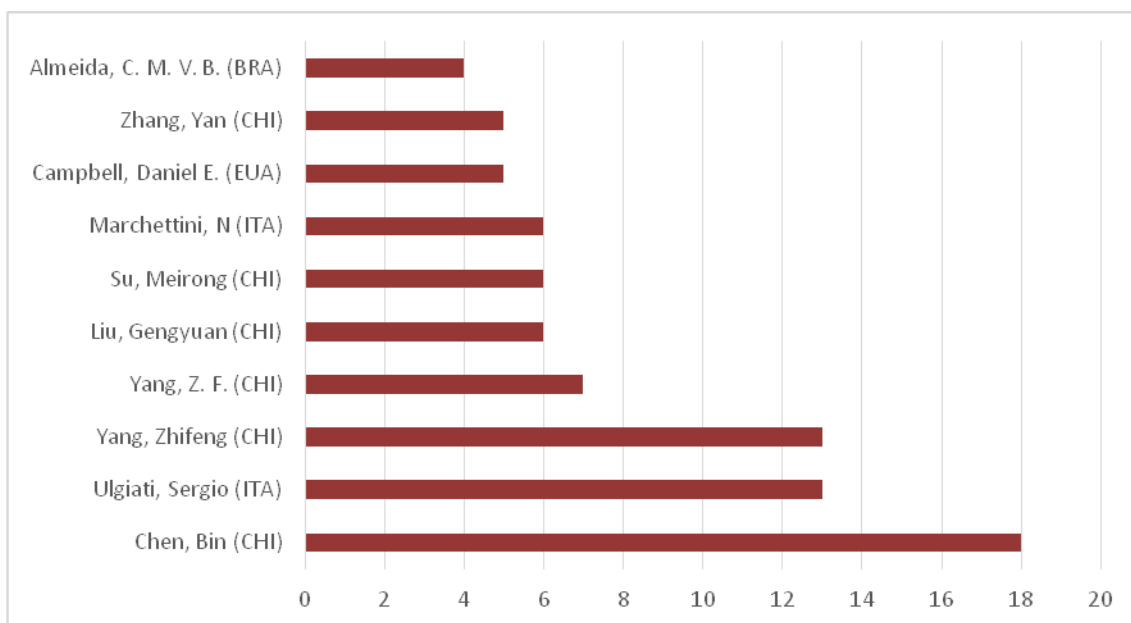
Figura 6: Maiores inventores, com duas ou mais patentes depositadas.



Autoria própria, 2016.

A Figura 7 apresenta os autores com mais publicações em periódicos indexados. Os autores chineses são os maiores investigadores com mais publicações neste domínio, seguido dos italianos. Sergio Ulgiati que possui o segundo número de publicações, é professor da Parthenope University of Naples, assim como os maiores autores dos EUA, Daniel Campbell que trabalha na agência governamental United States Environmental Protection Agency e Almeida, C.M.V.B. que é professora da Universidade Paulista – UNIP.

Figura 7: Autores que mais publicam em periódicos.



Autoria própria, 2016.

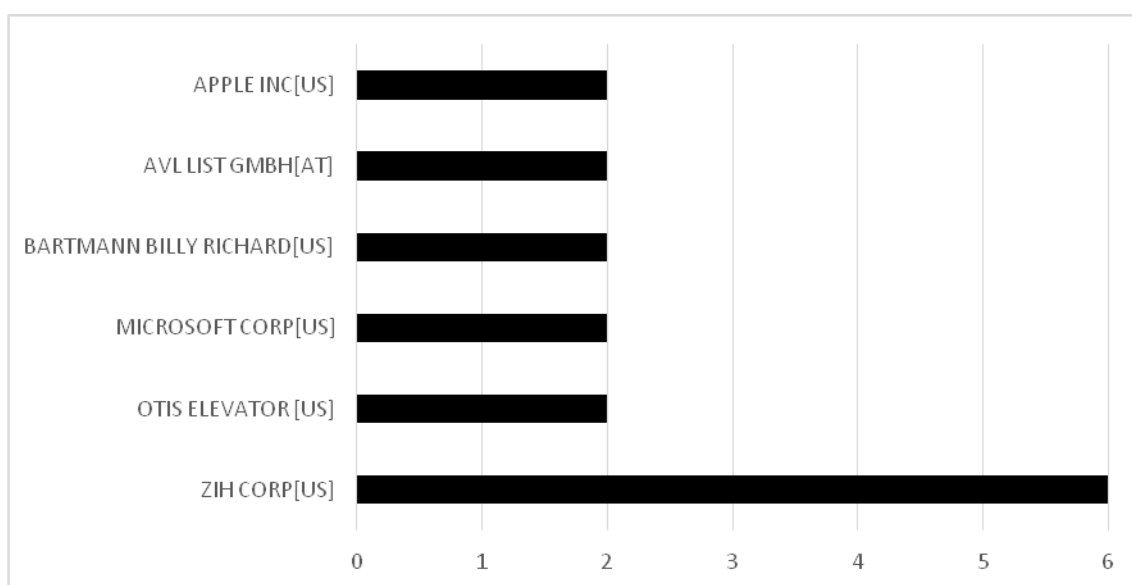


Uma pesquisa realizada por Chen et al (2017) analisou artigos envolvendo avaliações emergéticas entre os anos de 1999 e 2014 e concluiu que os índices emergéticos são frequentemente utilizados para quantificar a sustentabilidade de um sistema uma vez que outros métodos de avaliação não conseguem medir a contribuição dos recursos naturais ao desenvolvimento econômico.

Quintella *et al.* (2011) argumenta que os estudos de prospecção, como é o presente artigo, permitem uma escolha mais assertiva do que se pretende estudar para a construção positiva do futuro e conseqüentemente nas tomadas de decisão em diversos planos da sociedade atual. Ainda segundo a autora, o aumento no interesse pelo patenteamento reflete uma tendência global das organizações de pesquisa, que se tornam cada vez menos centradas nas empresas individuais e mais baseadas nas redes e no mercado de conhecimento.

No entanto, no tema pesquisado verifica-se que as empresas ainda são detentoras de grande parte das patentes conforme pode ser observado na Figura 8.

Figura 8: Empresas depositantes de 2 ou mais patentes



Fonte: Autoria própria, 2016.

A maior empresa detentora de patentes em métodos e sistemas é a ZHI - Zebra Technologies Corporation dos EUA cujo ramo de atuação é a criação de tecnologias e soluções de rastreamento que geram informações e dados utilizados para tomadas de decisões de empresas públicas ou privadas, até mesmo órgãos governamentais.

## CONCLUSÕES

Fazendo uma relação entre Patentes *versus* Publicações de artigos científicos é possível observar maior preocupação com as publicações científicas, havendo um expressivo número destas publicações quando comparado com a quantidade dos depósitos de patentes.

A prospecção mostrou que a maioria das patentes envolvendo avaliação de serviços ambientais foram depositadas a partir de 2007 nos Estados Unidos, indicando que os depósitos de patentes não estão sendo incentivados nos últimos anos, especialmente no Brasil. A partir da análise dos resultados encontrados na prospecção verificou-se que o uso de técnicas para avaliação de serviços ecossistêmicos com a utilização de índices emergéticos é ainda pouco explorado talvez pela

necessidade do conhecimento aprofundado que deve se ter sobre o sistema a ser estudado e sobre os conceitos de energia, ainda relativamente novo tanto no meio acadêmico como no setor privado.

A partir de 2013, verificou-se uma evolução crescente de publicações e com alto potencial para gerar inovação, principalmente na elaboração de sistemas de avaliação e criação de bancos de dados internacionais, uma vez que, a avaliação de serviços ecossistêmicos e a sua importância para a manutenção da vida humana na Terra, vem ganhando cada vez mais relevância no cenário global.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. *Ecological Modelling* 108, p. 23–36, 1998.

\_\_\_\_\_. Energy and ecosystem complexity. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 14, 310–321, 2007.

\_\_\_\_\_. Energy accounting of global renewable sources. *Ecological Modelling*, 339, p. 148–156, 2016.

CAMPBELL, D. E. OHRT, A. Environmental Accounting Using Emery: Evaluation of Minnesota. US Environmental Protection Agency – EPA, 2009.

CHEN, W.; LIUB, W.; GENGA, Y.; BROWN, M. T.; GAOD, C.; WU, R. Recent progress on emery research: A bibliometric analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 73, p. 1051–1060, 2017.

CRUZ, C. A. B.; MENDONÇA, V. M.; DOS SANTOS, P. R.; DOS SANTOS, N. J. B.; PAIXÃO A. E. A.; SANTOS, M. J. C. A inovação como instrumento de desenvolvimento científico e tecnológico: uma análise através de indicadores. *Cad. Prospec.*, Salvador, v. 10, n. 3 p.393-404, jul./set. 2017.

DALY, H. E. Desenvolvimento sustentável? Não obrigada. *Campinas/SP: Ambiente & Sociedade – Vol. VII n.º. 2 (jul./dez)*, 2004.

LAURILA-PANT, M.; LEHIKONEN, A.; UUSITALO, L.; VENESJÄRVI, R. How to value biodiversity in environmental management? *Ecological Indicators*, 55, p. 1–11, 2015.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 2005.

ODUM, H. T. *Environmental Accounting. Emery and Environmental Decision Making*. John Wiley & Sons, New York, 1996.

\_\_\_\_\_. *Environment, power and society for the twenty-first century: the hierarchy of energy*. Columbia University Press, New York, 2007.

QUINTELLA, C. M.; MEIRA, M.; GUIMARÃES, A. K.; TANAJURA, A. S.; SILVA, H. R. G. Prospecção Tecnológica como uma Ferramenta Aplicada em Ciência e Tecnologia para se Chegar à Inovação. *Revista Virtual de Química*, v. 3, n. 5, p. 406-415, 2011.

VOORA, V. THRIFT, C. *Using Emery to Value Ecosystem Goods and Services*. The International Institute for Sustainable Development. Winnipeg (Canadá), 2010.

NADALINI, A.C.V.; TORRES, E.A.; KALID, R.A.. Prospecção de artigos e patentes sobre métodos para valoração econômica de serviços ecossistêmicos através da utilização de indicadores emergéticos.