

XI ECOECO

VII Congreso Iberoamericano
Desarrollo y Ambiente

XI ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO
Araraquara-SP - Brasil

INCLUINDO SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NOS ESTUDOS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL:
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA FUZZY-HIERÁRQUICA

Guilherme Weber Martins (COPPE/UFRJ) - guilhermeweber@gmail.com

*Aluno de Doutorado do Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ; M.Sc. em Engenharia de Produção;
Professor Assistente do Departamento de Economia da UFRRJ*

Carlos Alberto Nunes Cosenza (COPPE/UFRJ) - cosenzacoppe@gmail.com

Professor Emérito e Livre Docente da UFRJ; Professor do Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ

INCLUINDO SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NOS ESTUDOS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA FUZZY-HIERÁRQUICA¹

MARTINS, Guilherme Weber²; COSENZA, Carlos Alberto Nunes³.

¹ Pesquisa de Tese de Doutorado em Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ, em andamento.

² M.Sc. em Eng. de Produção, Professor Assistente do Departamento de Ciências Econômicas da UFRJ (DeCE/ICSA/UFRJ), Seropédica, RJ, guilhermeweber@gmail.com

³ Professor Emérito e Livre Docente da UFRJ, atualmente no Programa de Engenharia de Produção COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, cosenzacoppe@gmail.com

RESUMO

Este artigo propõe uma estrutura metodológica, baseada em Lógica Fuzzy e Análise Hierárquica Estruturada, para incluir serviços ecossistêmicos nos estudos de localização industrial. Para tanto, adota-se o conceito de *serviços ecossistêmicos* (SE) e suas quatro categorias definidas pelo *Millennium Ecosystem Assessment*. Apesar dos vários estudos considerando os SE em decisões de uso do solo, poucos são os que exploram como fatores de localização industrial. Nessa função, os SE podem ser entendidos como benefícios que as indústrias obtêm dos ecossistemas regionais onde sejam implantadas. Entretanto, o uso dos SE pelas indústrias implica impactos (custos) de natureza e intensidade variada nos ecossistemas. De valoração quantitativa absoluta complexa, benefícios e custos dos SE podem ser estimados, respectivamente, por sua *importância relativa* para as indústrias, *disponibilidade relativa* nas regiões, e pelos *impactos relativos* nos ecossistemas regionais, tudo segundo a percepção de *experts*. A estrutura metodológica aqui proposta formaliza essa valoração relativa.

PALAVRAS-CHAVE: Localização Industrial; Serviços Ecossistêmicos; Lógica Fuzzy; Hierarquia analítica; Teoria Computacional da Percepção.

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem por tema os serviços ecossistêmicos e os estudos de localização industrial. A implantação de indústrias em locais ou regiões específicas tem impacto principalmente sobre a biodiversidade e os ecossistemas no entorno das instalações e dependem dos serviços dos ecossistemas locais ou regionais.

A consideração dos fatores locais tradicionais, de certa forma, já incluía preocupação sobre a interação da indústria com os ecossistemas naturais, mas ainda se prendia à concepção ou entendimento da separação entre o sistema produtivo e o meio ambiente, sendo este último apenas considerado com uma fonte de matérias primas e depósito de dejetos da produção.

Com o desenvolvimento da economia ecológica e da ecologia industrial, surge um novo entendimento do sistema econômico e do sistema produtivo, no qual as atividades do ser humano são reconhecidas como inseridas em um sistema maior, respectivamente na região ou na Terra como um todo, e, desta forma, afetam e são afetadas pelo ambiente.

Nesta pesquisa, longe de querer examinar toda a complexidade dos mecanismos de interação que se manifestam no *interplay* das atividades produtivas humanas nos ecossistemas, concentramo-nos apenas na questão dos serviços ecossistêmicos, na qualidade de fatores locacionais para o processo de escolha locacional das indústrias. Um problema central - o da valoração dos benefícios e custos dos serviços ecossistêmicos - que serviriam de base para as comparações entre as alternativas de localização, é abordado com a utilização dos conceitos e princípios da Lógica Fuzzy e do Processo de Hierarquia Analítica (AHP), constituindo um caminho metodológico alternativo que provê uma solução adequada para o problema estudado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Durante a última década, cientistas e outros pesquisadores promoveram o conceito de serviços ecossistêmicos e estudaram formas pelas quais ele pode ajudar a melhorar a gestão ambiental. Um estudo global principal, o Millennium Ecosystem Assessment (2005), examinou o estado dos ecossistemas e dos serviços dos ecossistemas em todo o mundo e descobriu que a maioria dos serviços ecossistêmicos diminuiu na última metade do século 20, enquanto apenas quatro serviços (vegetais, animais e da aquicultura, e sequestro de carbono) melhoraram (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

A conscientização e discussão sobre os serviços proporcionados pelos ecossistemas não constituem atividades novas, embora os termos "serviços ecossistêmicos" e "capital natural" serem de uso recente. A atual onda de estudos sobre os serviços ecossistêmicos, no entanto, tem aumentado drasticamente a atenção para o conceito em círculos políticos. Como resultado, um número crescente de governos tem explicitamente incorporado os serviços ecossistêmicos em suas leis e políticas (THOMPSON, 2012).

Entre os diversos estudos envolvendo a consideração dos serviços ecossistêmicos está o planejamento urbano e rural e as escolhas locacionais para

indústrias, que trata do uso do solo, particularmente no que concerne às implantações de peças de infraestruturas de produção de bens e serviços demandados pela sociedade. Portos, aeroportos, fazendas agrícolas, indústrias e outros equipamentos urbanos ou rurais, todos envolvem interação com os ecossistemas e, dessa forma, requerem algum tipo de análise incluindo considerações sobre os benefícios e impactos associados aos seus serviços e funções.

Apesar da importância desses estudos, pouco tem sido feito no sentido de incluir explicitamente os serviços ecossistêmicos nos estudos de localização industrial. Essa escassez de estudos é relativamente surpreendente, em face da destacada importância desses serviços para as indústrias e outros empreendimentos, mas talvez derive da complexidade das rotinas computacionais utilizadas para estimar os benefícios e custos associados com sua apropriação e impactos.

3 METODOLOGIA

Nossa proposta metodológica procura explorar o sinergismo propiciado pela conjunção da flexibilidade empírica inovadora da Lógica Fuzzy e da Teoria dos Conjuntos Fuzzy (ZADEH, 1965) com o formalismo clássico da análise hierárquica estruturada do Processo de Hierarquia Analítica (AHP) (SAATY, 1981).

Para contornar a complexidade característica das valorações de benefícios e custos associados aos SE por métodos determinísticos de sofisticada descrição analítica, muito embora a literatura já informe sobre um razoável conjunto destes, inclusive em forma de softwares abertos, tais com o InVEST (fruto do Natural Capital Project, uma iniciativa conjunta da Stanford University, The Nature Conservancy, WWF, University of Minesota e Stanford Woods Institute), a modelagem confia na percepção de experts, particularmente aqueles com experiência e conhecimento na área ambiental, dos ecossistemas e biodiversidade, e nos processos de produção das indústria e seu potencial de impacto ao meio ambiente.

A ideia é utilizar a Teoria Computacional das Percepções (ZADEH, 2001), na manipulação computacional dos termos linguísticos que ‘valoram’ as variáveis linguísticas *importância relativa*, *disponibilidade relativa* e *impacto relativo*, utilizadas para estimar os benefícios e custos associados com os serviços ecossistêmicos na função de fatores locais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente proposta metodológica pretende suprir uma lacuna nos estudos locais incluindo a consideração dos serviços ecossistêmicos como fatores da localização industrial. Embora já advogada por uma série de profissionais e acadêmicos, esses serviços não são ainda incluídos na modelagem locacional de maneira explícita. Parte dos problemas relacionados com essa não inclusão devem-se a dificuldade e complexidade de uma valoração absoluta dos custos e benefícios associados que nossa abordagem procura solucionar com a inclusão de uma valoração relativa.

5 REFERÊNCIAS

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

THOMPSON JR., B. H. Background and History: Ecosystem Services. In *Measuring Nature's Balance Sheet of 2011 Ecosystem Services Seminar Series*. Edited by Coastal Quest and Gordon and Betty Moore Foundation, 1-14. Palo Alto: Gordon and Betty Moore Foundation, 2012. PDF e-book.

SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications, 1980.

ZADEH, L. A. *Fuzzy Sets*. *Information and Control* V. 8, pp. 338 – 353, 1965.

ZADEH, L. A. *A New Direction in AI – Toward a Computational Theory of Perceptions*. American Association for Artificial Intelligence. Spring, 2001.