



## Revisão Bibliométrica sobre Turbidez e Sólidos Suspensos por Sensoriamento Remoto Bibliometric Review about Turbidity and Suspended Solids by Remote Sensing

Diego Lanza Lima<sup>1</sup>; Jaíza Santos Motta<sup>1</sup>; Camila Amaro de Souza<sup>1</sup>;  
Alesson Pires Maciel Guirra<sup>1</sup> & Antonio Conceição Paranhos Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e Geografia,  
Cidade Universitária – Universitário, CEP 79070 – Campo Grande, MS, Brasil  
E-mails: lanzalima@gmail.com; ea.jsmotta@gmail.com;  
arq.camila.amaro@gmail.com; engeoguirra@gmail.com; toniparanhos@gmail.com  
Recebido em: 10/08/2018    Aprovado em: 15/01/2019  
DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2019\\_1\\_107\\_116](http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_107_116)

### Resumo

A turbidez é um parâmetro de qualidade da água que corresponde à redução da transparência em meio líquido, ela é promovida pelo material em suspensão, que inibe a passagem de raios solares pela água. A turbidez interfere no ambiente aquático e é uma problemática ambiental e socioeconômica mundial. Filtrando 1245 artigos relacionados aos parâmetros turbidez e sólidos suspensos detectados remotamente, este estudo mapeia as interações científicas para avaliar pesquisas deste tema, publicadas a partir de 1966. Verificamos o desempenho geral das publicações e suas dinâmicas, a cooperação entre os países, o desempenho de publicações por instituição, por autores e por coautores. Os EUA são os maiores produtores de ciência nesta temática, seguido pela China, a qual intensificou suas publicações em inglês sobre o tema na última década. Há fortes conectividades e produtividades entre os EUA e a China, seguidos pela França, Coreia do Sul, Alemanha e Japão, culminando como o resultado de cooperações internacionais. Entre as dez instituições mais produtivas, sete são chinesas e três francesas. Chineses se destacam como maioria entre os autores com melhores desempenhos. Determinados tipos de pesquisa são mais comuns de acordo com o ambiente hídrico (marinho, lacustre ou fluvial), sendo que para os rios o interesse da comunidade científica, em geral, trata-se do transporte de sedimentos. As tendências das publicações em geral são em inglês e em revistas indexadas em bases de dados. Assim como a China, os outros países tendem a interagir com pesquisadores internacionais sem que a língua inglesa seja um empecilho. Conclui-se que o sensoriamento remoto vem se consolidando como uma das técnicas mais eficazes no monitoramento indireto das condições físico-químicas das águas.

**Palavras-chave:** Qualidade da água; hidrossedimentologia; Análise de Rede Sociais

### Abstract

Turbidity is a parameter of water quality that corresponds to the reduction of transparency in liquid medium, it is promoted by suspended material, which inhibits the passage of sunlight through the water. Turbidity interferes with the aquatic environment and is a global environmental and socioeconomic problem. Filtering 1245 articles related to parameters turbidity and suspended solids detected remotely, this study maps the scientific interactions to evaluate researches of this theme, published since 1966. We verified the general performance of the publications and their dynamics, the cooperation between the countries, the performance of publications by institution, authors and co-authors. The US is the largest science producer on the subject, followed by China, which has intensified its English publications on the subject in the last decade. There are strong connectivities and productivities between the US and China, followed by France, South Korea, Germany and Japan, culminating as the result of international cooperation. Among the ten most productive institutions, seven are Chinese and three French. Chinese stand out as the majority of the best performers. Certain types of research are more common according to the water environment (marine, lake or river), and for the rivers the interest of the scientific community, in general, is the transport of sediments. The trends of publications are English and indexed journals in databases. Like China, other countries tend to interact with international researchers without the English language being a hindrance. It is concluded that remote sensing has been consolidated as one of the most effective techniques in the indirect monitoring of the physical-chemical conditions of the waters.

**Keywords:** Water quality; hydrosedimentology; Social Network Analysis

## 1 Introdução

Os indicadores de qualidade da água, incluindo as propriedades físicas, químicas e biológicas, são tradicionalmente determinados pela coleta de amostras de campo e a análise das amostras em laboratório. Embora esta medição *in-situ* ofereça alta precisão, é um processo trabalhoso e demorado, inviabilizando o fornecimento de banco de dados simultâneo sobre a qualidade da água em escala regional (Duan *et al.*, 2013a; Duan *et al.*, 2013b). Além disso, métodos convencionais de amostragem pontual não são capazes de identificar as variações espaciais ou temporais na qualidade da água, o que é vital para a avaliação e gestão abrangente dos corpos de hídricos. Portanto, estas dificuldades de amostragem sucessivas e integradas constituem um obstáculo significativo para monitorar e gerenciar a qualidade da água.

Entretanto, com os significativos avanços da ciência espacial, aumento na capacidade de processamento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG'S) e Processadores Digitais de Imagem (PDI's), o sensoriamento remoto se tornou uma ferramenta fundamental para superação desses limites. É possível identificar e monitorar vastas regiões em relação às alterações físico, químicas e biológicas da água, sendo uma maneira mais eficaz e eficiente de análise de fenômenos ambientais na superfície terrestre, tanto multiescalar quanto multitemporalmente.

A coleta de dados detectados remotamente ocorre em formato digital e, portanto, é legível no processamento do computador. As técnicas de sensoriamento remoto estão em uso desde a década de 1970 e continuam a ser amplamente utilizadas na avaliação da qualidade da água no mundo contemporâneo (Alparslan *et al.*, 2007; Anding *et al.*, 1970; Brando *et al.*, 2003; El-Din *et al.*, 2013; Giardino *et al.*, 2014; Hadjimitsis *et al.*, 2009; Hellweger *et al.*, 2004; Kondratyev *et al.*, 1998; Koponen *et al.*, 2002; Maillard *et al.*, 2008; Morel *et al.*, 1977; Pozdnyakov *et al.*, 2005; Ritchie *et al.*, 2003; Seyhan *et al.*, 1986; Usali *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2001).

Sensores diferentes montados em satélites e outras plataformas, como aviões, por exemplo, me-

dem a quantidade de radiação em vários comprimentos de onda refletidos pela superfície da água. Estas reflexões podem ser usadas direta ou indiretamente para detectar parâmetros quantitativamente derivados de métodos empíricos de dados de sensoriamento remoto, incluindo concentração de sólidos totais em suspensão (TSS) (Doxaran *et al.*, 2009), profundidade do disco de Secchi (SD) ou claridade da água (Olmanson *et al.*, 2008), turbidez (Petus *et al.*, 2010) e temperatura da água (Giardino *et al.*, 2001), entre outros. As características espectrais da água e dos poluentes, que são funções das suas características hidrológicas, biológicas e químicas (Seyhan *et al.*, 1986), são fatores essenciais no monitoramento e avaliação da qualidade da água.

No entanto, embora muitos trabalhos tenham sido publicados sobre turbidez e sólidos suspensos com uso de sensoriamento remoto, poucos deles resumiram o progresso da pesquisa relacionado a esta temática, para que os principais tópicos, técnicas, autores e instituições de pesquisa possam ser reconhecidos. Sob tal circunstância, é necessário analisar a produção científica relacionada aos parâmetros de turbidez e sólidos suspensos detectados remotamente. Com o objetivo de preencher esta lacuna de pesquisa, foi realizada análise bibliométrica, um método é eficaz para analisar quantitativamente publicações acadêmicas aplicando técnicas matemáticas e estatísticas com intuito de medir sua quantidade e desempenho (Pritchard, 1969; Zhang *et al.*, 2015). A bibliometria é comum em análises sistemáticas, abordando várias disciplinas da ciência e engenharias, ao mostrar o estado de pesquisa e as tendências de um determinado tópico (Fu *et al.*, 2010).

Na próxima seção, são apresentados o material e as metodologias, que incluem os métodos bibliométricos, coleção de dados e a análise de redes sociais (SNA). Na terceira seção, os resultados obtidos são sobre o desempenho geral e a dinâmica das publicações sobre o tema, países, instituições, autores, coautores e palavras-chave.

Sendo assim, não apenas é possível aprender rapidamente o estado, características e tendências dos estudos sobre turbidez e sólidos suspensos, que fazem uso de ferramentas de Geotecnologias, mas

também elucidar os métodos das disciplinas em rios. Este trabalho fornece uma referência útil para estudos de autores, estratégias, políticas de países ou periódicos, conduzindo a pesquisa global de turbidez e sólidos suspensos. Na última seção, damos as principais conclusões.

## 2 Material e Métodos

A análise bibliométrica investiga publicações científicas por meio de uma série de procedimentos, como publicações de diferentes periódicos, países, instituições, autores e análise de citações, além de identificar caminhos mais centrados na análise de conteúdo e evolução da pesquisa (Liu *et al.*, 2011).

Um dos indicadores que estão intimamente relacionados com a análise bibliométrica é o *h-index*, o qual significa que “h” do total de artigos são citados pelo menos “h” vezes (Hirsch, 2005; Hirsch *et al.*, 2014). Trata-se de um indicador objetivo considerando tanto a quantidade quanto a qualidade de um cientista (Alonso *et al.*, 2009) e tem sido amplamente utilizado para avaliar um periódico ou o nível acadêmico de um país (Bornmann *et al.*, 2011). Um valor mais alto do *h-index* geralmente reflete maior avanço científico.

Além disso, para facilitar a análise bibliométrica, utilizamos o *software VOSviewer*, o qual permite construir e visualizar redes bibliométricas, incluindo por exemplo, periódicos e pesquisadores, baseando-se nas relações de cocitação ou coautoria. Há também a funcionalidade de mineração de texto, por meio da qual se constrói e visualiza redes de coocorrência entre termos importantes extraídos da literatura científica, facilitando a análise detalhada das principais características dos resultados de pesquisas relacionadas.

### 2.1 Coleção de Dados

Devido ao uso popular do banco de dados *Scopus* no cenário acadêmico, maior número de publicações sobre o tema, as quais apresentam redundância parcial com outros bancos de dados, o *Scopus* foi selecionado como o banco de dados chave para este estudo.

### 2.2 Análise das Redes Sociais

O método *SNA* é uma maneira visual de analisar conexões entre autores, por exemplo, pessoas ou grupos, o que reflete, estatisticamente, a centralidade dos autores e a força da intensidade das relações entre eles (Newman, 2001). No gráfico de rede, por exemplo, os autores e a relação entre os mesmos são representados por nós e arestas ponderadas, respectivamente (Ye *et al.*, 2012).

Baseando-se na teoria de redes e *softwares* específicos, o *SNA* tem sido amplamente utilizado para medir a colaboração de pesquisa em vários campos do conhecimento, de modo que as contribuições de diferentes países, instituições e cientistas possam ser avaliadas (Nunkoo *et al.*, 2013). Constituem *softwares* de visualização frequentemente usados para o *SNA* o: Pajek, Gephi, UCINET, *Citespace II*, *VOSviewer* e *SciMAT*.

Neste estudo, o *SNA* foi usado para avaliar a colaboração acadêmica entre diferentes países e autores através da aplicação do *VOSviewer*. *Softwares* que usam a técnica de mapeamento *VOS* (Van Eck *et al.*, 2007), onde “*VOS*” significa visualização de similaridades (*visualization of similarities*). Os mapas são bidimensionais e baseados em distância, ou seja, a distância entre dois itens reflete a força da relação entre eles. Uma distância menor geralmente indica uma relação mais forte.

## 3 Resultados e Discussão

O primeiro conjunto de termos de busca definido foi (“*suspended solid\**” OR “*settleable solid\**” OR *turbidity*) AND (“*remote sensing*” OR *geoprocessing* OR *geotechnolog\** OR “*satellite imager\**” OR *GIS*)), a partir do qual foram recuperados dados desde a primeira publicação em 1966 até 03 de agosto de 2018. As buscas foram feitas somente nos títulos, resumos e palavras-chave, resultando num total de 1869 publicações.

A análise das 1869 publicações mostra que o tipo de publicação mais comum é no formato de artigos, com total de 72.60% (1357), seguido por publicações em anais com 24.18% (452) e em menor escala os artigos de revisão e outros tipos de publicações com 1,01% (19). Entre eles, o inglês é a língua

dominante com 92.40% (1727), seguido do chinês com 2.99% (56) francês com 0.58% (11) e espanhol com 0.53% (10).

Para obter um resultado mais específico, somente artigos científicos e artigos de revisão publicados em língua inglesa (1245 artigos) foram considerados para analisar o desempenho geral das publicações e a dinâmica das interações ao longo do tempo.

### 3.1 Desempenho Geral das Publicações e suas Dinâmicas

A Figura 1 apresenta o número de artigos publicados por ano (NO.), o total anual de citações (Total Citations ou TC) e a média de citações por ano (Average Number of Citations per Publication ou ACP) das 1245 publicações de 1966 a 03/08/2018. Notadamente, o número de publicações (NO.) tem uma tendência geral de crescimento durante os 53 anos estudados, com incremento vertiginoso na quantidade de publicações entre os anos de 2008 e 2014, e decréscimo de 21% entre 2015 e 2016, voltando a aumentar depois deste intervalo, chegando a um ápice de publicações no ano seguinte com 109 publicações.

Entre 1966 a 1997 foram encontrados 15,1% (187) do total de documentos. Na década seguinte, o

número de publicações dobrou, passando de 22 em 1998 para 45 em 2007. As publicações do período entre 2008 até o dia 03 de agosto de 2018 cobrem 64,4% do total de itens.

O total anual de citações de publicações (TC) é instável e atingem os picos em 1983, 1996 e 2007 devidos principalmente aos artigos “*Phytoplankton pigment concentrations in the middle atlantic bight: Comparison of ship determinations and czcs estimates*” (558 citações) e “*Use of Landsat data to predict the trophic state of Minnesota lakes*” (100 citações) ambos de 1983 e o artigo intitulado “*The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features*” do ano de 1996 (1168 citações).

Em 2007, há vários artigos bem citados com destaque para dois deles: “*Remote chlorophyll-a retrieval in turbid, productive estuaries: Chesapeake Bay case study*” (235 citações) e “*Monitoring turbidity in Tampa Bay using MODIS/Aqua 250-m imagery*” (178 citações). Porém, os anos seguintes sofrem declínio no número de citações por ano. Isso pode ter ocorrido porquê os artigos influentes são poucos dentro do curto espaço de tempo.

As citações médias por ano (ACPP) fluuam com valores altos em 1983 e 1996, mas diminuem drasticamente durante 1997–2018. Isto se deve a um maior número de publicações por ano devido à popularização das pesquisas sobre

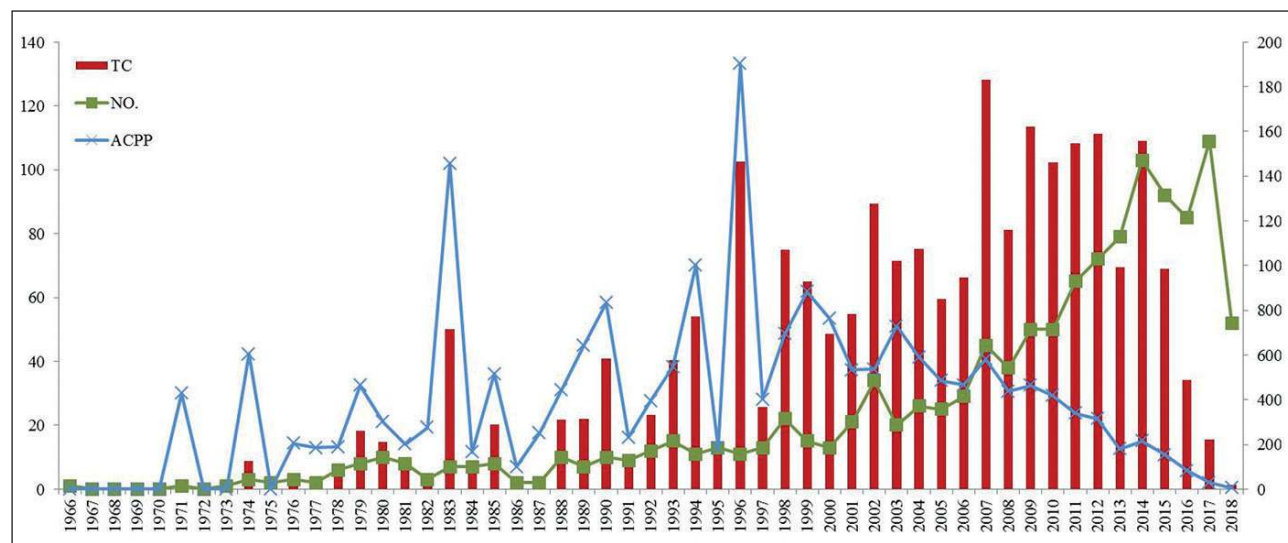


Figura 1 O desempenho geral das publicações para pesquisas sobre turbidez e sólidos suspensos por detecção remota.

o tema, mas com citações relativamente baixas entre os artigos publicados.

### 3.2 O Desempenho e a Dinâmica Cooperativa para a Produção de Publicações dos Países

#### 3.2.1 O Desempenho da Produção de Publicações dos Países

Os países de origem das publicações são definidos pelos endereços dos autores. Dentre estes países, 93 intensificaram suas pesquisas em turbidez e sólidos suspensos com uso de geotecnologias, entre os quais os EUA (TP=409) foi o mais produtivo, sendo domicílio de 25,4% do total de 1608 nacionalidades. Os 5 países mais produtivos correspondem a 49,9% entre todas as nacionalidades relacionadas com estas publicações.

A Tabela 1 apresenta os 20 principais países de origem das publicações<sup>8</sup> estão na Europa, 6 na Ásia, 3 na América, 1 na Oceania e 1 na África, entre os quais 13 são considerados desenvolvidos, estes países detêm uma posição dominante na pesquisa de turbidez e sólidos suspensos com uso de geotecnologias. Além disso, algumas implicações são óbvias: primeiro, os EUA ocupam o primeiro lugar no número total de publicações (409) e no total de citações (14330), porém a França possui a maior média de citações (39,68) sendo também a 1ª colocada dentre os países europeus em relação à percentagem do total de publicações. Já o Brasil encontra-se em 13º lugar no *ranking* global, sendo o único país da América Latina a fazer parte dessa lista.

#### 3.2.2 O Desempenho Cooperativo da Produção de Publicações dos Países

A dinâmica das publicações de vários países foi analisada a partir do uso do *SNA* para analisar as relações de cooperação internacional no campo da turbidez e sólidos suspensos com uso de geotecnologias. Com os países representados graficamente como os nós da *SNA* e as publicações cooperativas como os elos entre eles, verificando os momentos em que autores de dois países aparecem como coautores em uma mesma publicação, a Figura 2 é obtida para visualizar a relação de cooperação entre os países em

Países	TP	TPR (%)	TC	ACPP
EUA	409	1 (25,44)	14330	35,04
China	157	2 (9,76)	2558	16,29
Índia	88	3 (5,47)	769	8,74
França	87	4 (5,41)	3452	39,68
Reino Unido	62	5 (3,85)	2154	34,74
Japão	57	6 (3,54)	617	10,82
Austrália	55	7 (3,42)	1363	24,78
Canadá	53	8 (3,29)	1232	23,25
Itália	52	9 (3,23)	1121	21,56
Espanha	45	10 (2,79)	689	15,31
Alemanha	44	11 (2,74)	1266	28,77
Países Baixos	31	12 (1,92)	814	26,26
Coreia do Sul	30	13 (1,86)	581	19,37
Brasil	30	13 (1,86)	202	6,73
Finlândia	27	15 (1,67)	883	32,70
Bélgica	24	16 (1,49)	832	34,67
África do Sul	22	17 (1,36)	384	17,45
Malásia	20	18 (1,24)	93	4,65
Federação Russa	20	19 (1,24)	362	18,10
Turquia	19	19 (1,24)	136	7,16

Tabela 1 Desempenho para as publicações dos 20 principais países. TP - O número total de publicações de um país em 1966-03/08/2018, TPR (%) - Rank e a percentagem do total de publicações.

três períodos: 1966 (primeira publicação) – 1997; 1998 – 2007 e 2008 – 03/08/2018. O tamanho do nó e a espessura das ligações representam o número de publicações cooperativas, isto é, a proximidade ou força das trocas e cooperação entre países.

Os Estados Unidos da América desempenham papéis dominantes desde o início das publicações em cooperação (Figura 2A), pois se comunicam com 8 dos 36 dos países produtivos de 1966 a 1997, em seguida aparecem Alemanha e Índia. Os EUA aumentam suas conexões nos períodos seguintes com 19 dos 45 países que publicavam entre 1998 a 2007 (Figura B), seguido por França e Japão e com 40 dos 79 países de 2008 a 2018 (Figura C).

A França destaca-se em segundo lugar em número de publicações, com colaborações efetuadas, sobretudo entre os países europeus e asiáticos neste último período, enquanto que a China é o terceiro maior colaborador, com 17 ligações. A força

de colaboração EUA-China é a primeira com 36 publicações cooperativas, seguida por França-Bélgica (11), EUA-França (10) e EUA-Coréia do Sul (8). O Brasil publicou 29 documentos sobre o tema ao longo de toda a série temporal (Figura 2D), com cooperação entre EUA, França, Portugal, Alemanha, Japão e Canadá.

### 3.3 O Desempenho da Produção de Publicações das Instituições

A Tabela 2 mostra o desempenho das instituições mais produtivas e seus respectivos valores de *h-index*. Este índice é observado de acordo com as publicações sobre o tema, encontrados na base

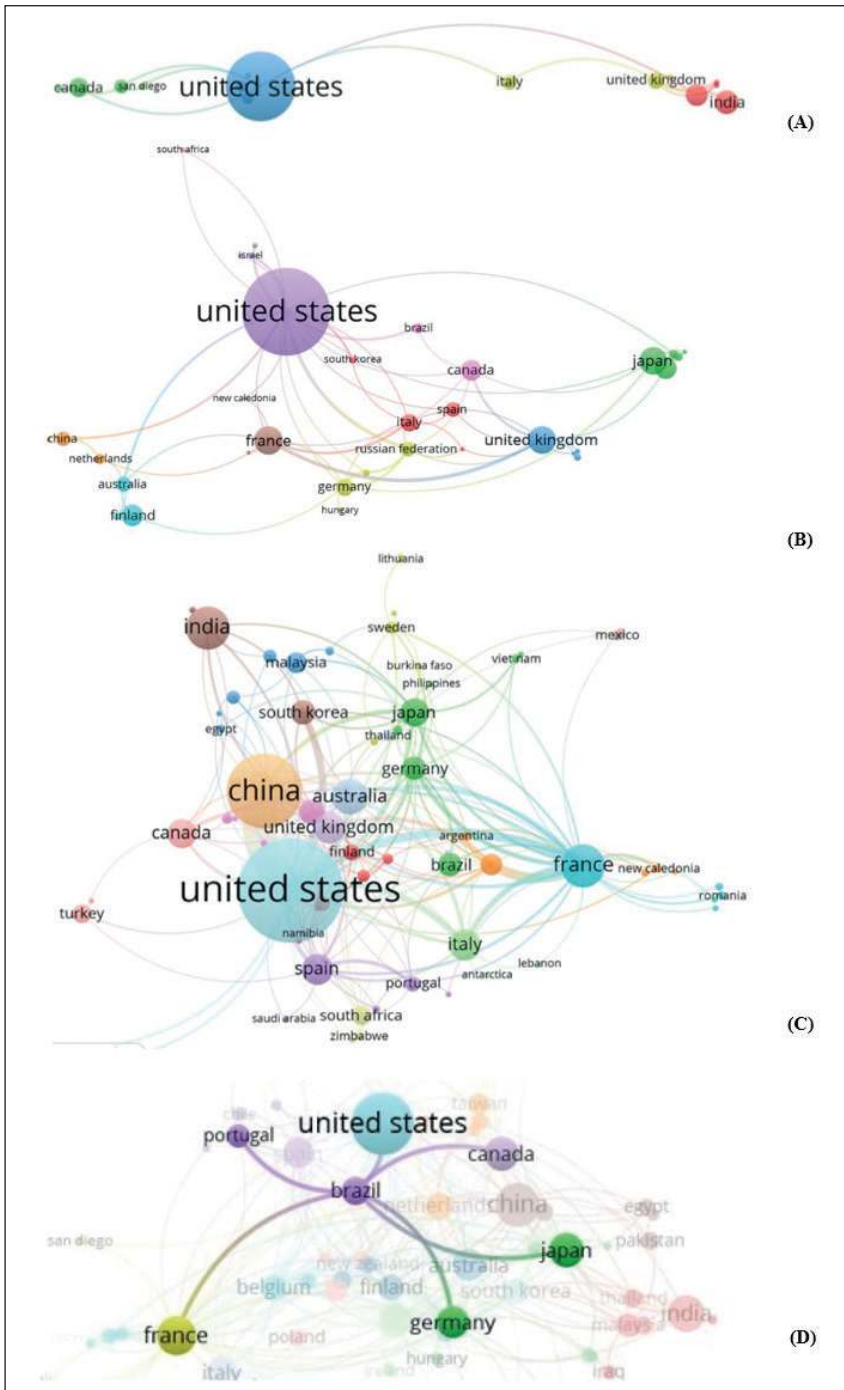


Figura 2 Relação entre os autores da área temática e seus países de origem. A) 1966 a 1997. B) 1998 a 2007. C) 2008 até 03/08/2018. D) 1966 até 03/08/2018, em destaque para as cooperações do Brasil.

de dados *Scopus* para o período avaliado. As 10 instituições que mais publicaram localizam-se na China e na França. O *h-index* mais elevado, para esse conjunto de artigos, foi da *Chinese Academy of Sciences* (11).

Instituições	Países	TP	H-Index
Chinese Academy of Sciences	China	32	11
Nanjing Institute of Geography and Limnology Chinese Academy of Sciences	China	11	7
Ministry of Education China	China	9	7
China University of Geosciences, Beijing	China	8	5
Wuhan University	China	8	3
Universite Pierre et Marie Curie	França	7	6
CNRS - Centre National de la Recherche Scientifique	França	7	6
Observatoire Oceanologique de Villefranche-sur-Mer	França	7	6
Nanjing University of Information Science and Technology	China	7	5
State Oceanic Administration China	China	6	5

Tabela 2 Desempenho das 10 Instituições mais produtivas. TP – Total de publicações de uma instituição durante 2008-2018.

Apesar de os EUA liderarem em relação ao número de artigos publicados e citações, a classificação das 10 instituições mais produtivas demonstra que são de origem chinesa ou francesa. Além

disso, inúmeros autores produtivos que residem nos EUA possuem descendência oriental, o que é reforçado pelos resultados de cooperação internacional no campo das publicações envolvendo esta temática, com forte conectividade entre os EUA e a China, além de França, Coreia do Sul, Alemanha e Japão.

### 3.4 Características dos Autores

#### 3.4.1 Desempenho dos Autores

A Figura 3 mostra o total de publicações e os respectivos *h-index* dos 17 autores mais produtivos desde a primeira publicação sobre o tema até o dia 03/08/2018, com no mínimo 09 publicações e no máximo 20 publicações.

Entre esses autores somente um país (Bélgica) não pertencem aos 4 países mais produtivos, indicando que autores de países menos produtivos não têm alcançado bons resultados e boa produtividade nesta área do conhecimento.

Na perspectiva do *h-index*, apresentam qualidade relativamente pobre, quando comparado com a quantidade de publicações, uma vez que a maior proximidade do autor com a linha do painel no gráfico indica melhor desempenho acadêmico. Os autores Shi W., Shi K. e Wang M. são os melhores neste quesito, sendo que Wang M. possui, além de qualidade e reconhecimento de seus artigos, um maior número

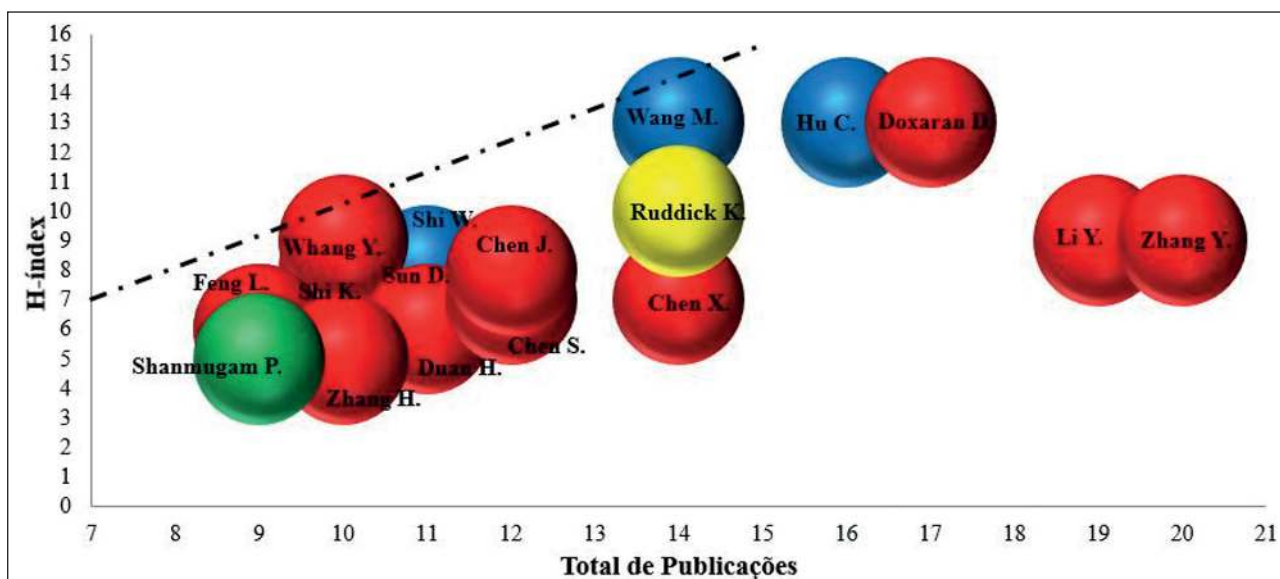


Figura 3 Desempenho dos 17 autores mais produtivos. Vermelho – Chineses. Azul – Americanos. Amarelo – Belga. Verde – Índia.

de publicações. O Dr. Zhang Y. é o autor com mais publicações, mas seu *h-index* é relativamente baixo, indicando que suas publicações não receberam citações suficientes.

### 3.4.2 Desempenho dos Coautores

A Figura 4 apresenta a cooperação acadêmica entre os autores ativos na área de pesquisa de turbidez e sólidos suspensos por sensoriamento remoto com pelo menos 8 publicações com no mínimo 80 e no máximo 715 citações. Os seis grupos de pesquisa mais ativos foram representados de acordo com suas relações acadêmicas colaborativas e a quantidade de citações, representados pelos elos e nós, respectivamente. O maior nó de autor pertence ao Dr. Wang M. da *NOAA National Environmental Satellite*, focado no monitoramento de turbidez ou sólidos suspensos a partir da refletância de imagens de satélites. Este *cluster* cooperativo está ligado a dois outros *clusters* através dos pesquisadores Doxaran D. e Zhang Y. Percebe-se a tendência, entre estes grupos de pesquisa, da utilização de análises multitemporais de sensores multiespectrais para correlação com resultados obtidos *in situ* dos parâmetros físico-químicos das águas, comprovando a eficácia desta técnica em vários ambientes aquosos e em diferentes escalas.

### 3.5 A Dinâmica da Ocorrência de Palavras-Chave

A análise da rede de coocorrência de palavras-chave pode fornecer uma ideia da tendência

das pesquisas e seus pontos principais. A Figura 5 mostra o padrão de ocorrência das 30 principais palavras-chave entre os artigos avaliados, onde estas estão representadas por nós, enquanto o elo entre elas representa a ocorrência de tais palavras-chave em uma mesma publicação. Os resultados mostram que entre 2008 e 2018 as 30 principais palavras-chave aparecem 4038 vezes (57,05% das 7078 ocorrências).

A análise do gráfico nos permite identificar três principais áreas de conectividade: um dos *cluster* em vermelho com forte ocorrência das palavras “sensoriamento remoto”, “turbidez”, “qualidade de água” e abrange as palavras “rio” e “Landsat”, outro *cluster* em verde com forte ocorrência do termo “imagem de satélite” e inclui a expressão “cor de oceano” e o terceiro em azul apresenta a maior força nos termos “clorofila”, “clorofila a”, “algoritmo” e “algoritmos” e contém a palavra “lago”, o que deixa claro os interesses dos pesquisadores em cada um dos ambientes estudados.

## 4 Conclusão

As publicações mais comuns são na forma de artigos científicos e a língua predominante é o inglês em todo o período avaliado, com os EUA ocupando o primeiro lugar em número de publicações e citações. Entretanto a França tem a maior média de citações por ano e a China, comparativamente, apresentou o segundo maior percentual de publicações. O Brasil ainda ocupa uma posição relativamente de baixa

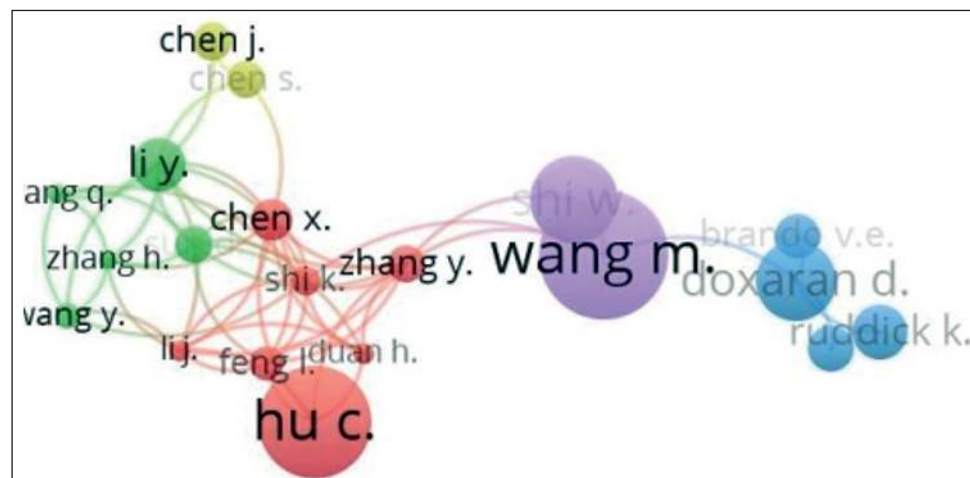


Figura 4 Rede de coautoria com escala de citação.



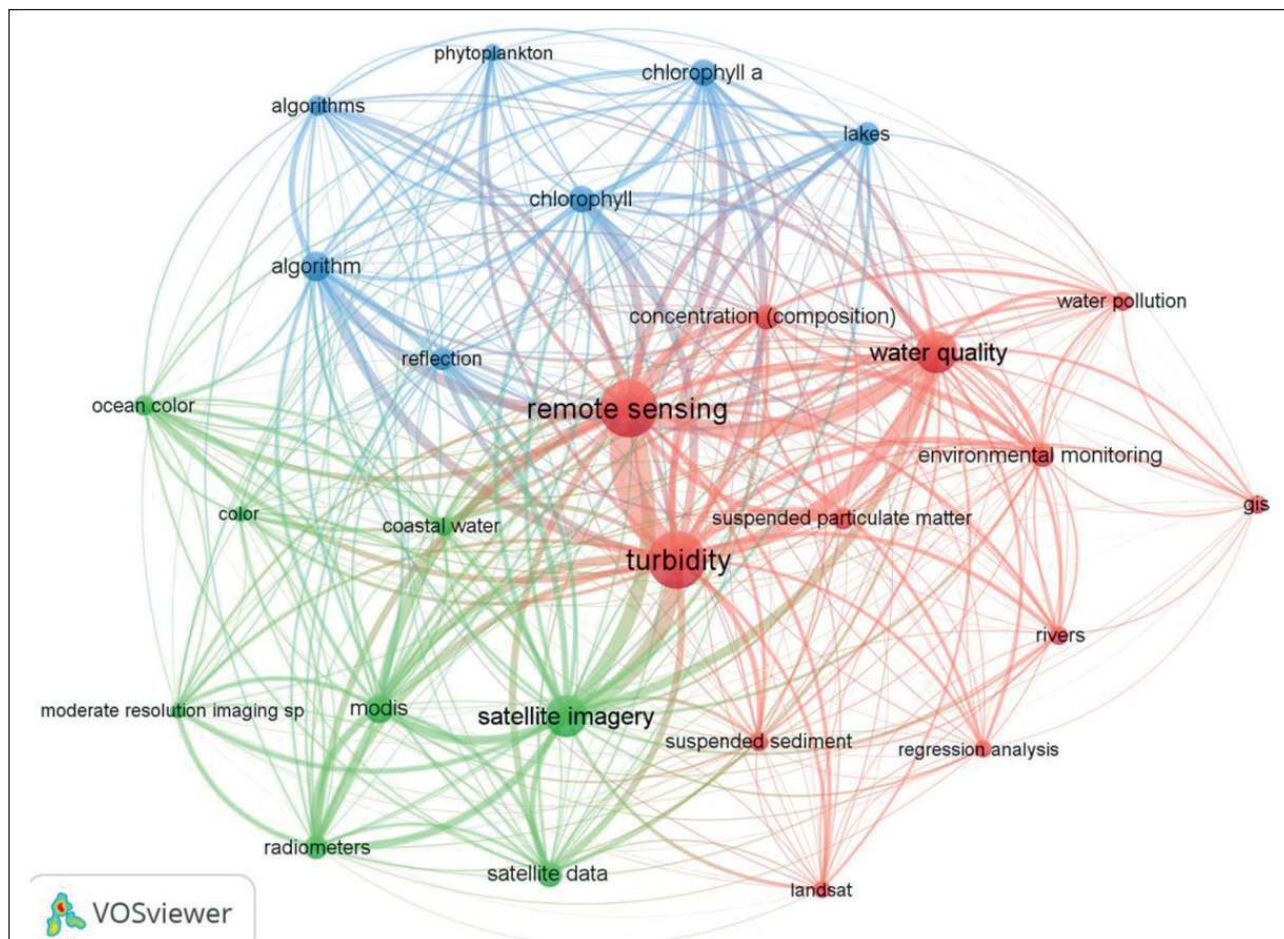


Figura 5 Padrão e conectividade entre as palavras-chaves produzidas por SNA.

produtividade nessa área do conhecimento, porém é o único país latino-americano ranqueado entre os 20 países mais produtivos sobre o tema.

As palavras-chave e suas conexões mostram a segmentação das pesquisas em relação a cada tipo de ambiente, sendo que no ambiente marinho as pesquisas estão especialmente associadas à cor das águas, por se tratar de uma fonte útil de informações sobre algumas propriedades químicas, físicas e biológicas destas. Nos lagos, o maior interesse é a identificação de clorofila, por constituir um indicador da qualidade da água, bem como revelar possíveis modificações no habitat ou no comportamento dos organismos aquáticos. Nos rios são avaliados principalmente o transporte de sedimentos, relacionando-se com a avaliação da qualidade da água para consumo humano, poluição, capacidade catalisadora, potencial de carrear ou fixar nutrientes, erodibilidade e avaliação da vida útil de barragens, demonstrando o interesse

comum entre as comunidades científicas na avaliação da dinâmica fluvial.

As pesquisas têm melhorado a eficiência dos índices de sensoriamento remoto para descrever quali-quantitativamente as variáveis físico-químicas da água, maximizando o potencial do monitoramento indireto e comprovando a viabilidade desta técnica para tomada de decisões protetivas e preventivas.

## 5 Agradecimentos

À CAPES pela Bolsa de Doutorado concedida a Diego Lanza Lima através do Programa de Demanda Social, à FUNDECT/MS pela Bolsa de Mestrado da Jaíza Santos Motta (Chamada 02/2017) e ao CNPq pelas Bolsas de Produtividade em Pesquisa de A.C. Paranhos Filho (Processo 304122/2015-7).

## 6 Referência

- Alonso, S.; Cabrerizo, F.J.; Herrera-Viedma, E. & Herrera, F. 2009. H-Index: a review focused in its variants, computation and standardization for different scientific fields. *Journal Informetrics*, 3: 273-289.
- Alparslan, E.; Aydoğan, C.; Tufekci, V. & Tüfekci, H. 2007. Water quality assessment at ömerli dam using remote sensing techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 135: 391-398.
- Anding, D. & Kauth, R. 1970. Estimation of sea surface temperature from space. *Remote Sensing of Environment*, 1: 217-220.
- Bornmann, L.; Mutz, R.; Hug, S.E. & Daniel, H. D. 2011. A multilevel meta-analysis of studies reporting correlations between the h index and 37 different h index variants. *Journal Informetrics*, 5: 346-359.
- Brando, V.E. & Dekker, A.G. 2003. Satellite hyperspectral remote sensing for estimating estuarine and coastal water quality. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41: 1378-1387.
- Doxaran, D.; Froidefond, J.M.; Castaing, P. & Babin, M. 2009. Dynamics of the turbidity maximum zone in a macrotidal estuary (the Gironde, France): Observations from field and MODIS satellite data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81(3): 321-332.
- Duan, W.; He, B.; Takara, K.; Luo, P.; Nover, D.; Sahu, N. & Yamashiki, Y. 2013a. Spatiotemporal evaluation of water quality incidents in Japan between 1996 and 2007. *Chemosphere*, 93: 946-953.
- Duan, W.; Takara, K.; He, B.; Luo, P.; Nover, D. & Yamashiki, Y. 2013b. Spatial and temporal trends in estimates of nutrient and suspended sediment loads in the Ishikari river, Japan, 1985 to 2010. *Science of the Total Environment*, 461: 499-508.
- El-Din, M.S.; Gaber, A.; Koch, M.; Ahmed, R.S. & Bahgat, I. 2013. Remote sensing application for water quality assessment in lake Timsah, Suez Canal, Egypt. *Journal Remote Sensing Technology*, 1(3): 61-74.
- Fu, H.Z.; Ho, Y.S.; Sui, Y.M. & Li, Z.S. 2010. A bibliometric analysis of solid waste research during the period 1993-2008. *Waste Management*, 30: 2410-2417.
- Giardino, C.; Bresciani, M.; Cazzaniga, I.; Schenk, K.; Rieger, P.; Braga, F.; Matta, E. & Brando, V.E. 2014. Evaluation of multi-resolution satellite sensors for assessing water quality and bottom depth of lake Garda. *Sensors*, 14: 24116-24131.
- Giardino, C.; Pepe, M.; Brivio, P.A.; Ghezzi, P. & Zilioli, E. 2001. Detecting chlorophyll, Secchi disk depth and surface temperature in a sub-alpine lake using Landsat imagery. *Science of the Total Environment*, 268(3): 19-29.
- Hadjimitsis, D.G. & Clayton, C. 2009. Assessment of temporal variations of water quality in inland water bodies using atmospheric corrected satellite remotely sensed image data. *Environmental Monitoring and Assessment*, 159: 281-292.
- Hellweger, F.; Schlosser, P.; Lall, U. & Weissel, J. 2004. Use of satellite imagery for water quality studies in New York harbor. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 61: 437-448.
- Hirsch, J.E. 2005. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102: 16569-16572.
- Hirsch, J.E. & Buéla-Casal, G. 2014. The meaning of the h-index. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 14: 161-164.
- Kondratyev, K.Y.; Pozdnyakov, D. & Pettersson, L. 1998. Water quality remote sensing in the visible spectrum. *International Journal of Remote Sensing*, 19: 957-979.
- Koponen, S.; Pulliainen, J.; Kallio, K. & Hallikainen, M. 2002. Lake water quality classification with airborne hyperspectral spectrometer and simulated MERIS data. *Remote Sensing Environment*, 79: 51-59.
- Liu, X.; Zhang, L. & Hong, S. 2011. Global biodiversity research during 1900-2009: a bibliometric analysis. *Biodiversity and Conservation*, 20: 807-826.
- Maillard, P. & Santos, N.A.P. 2008. A spatial-statistical approach for modeling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed - Brazil. *Journal of Environmental Management*, 86:158-170.
- Morel, A. & Prieur, L. 1977. Analysis of variations in ocean color. *Limnology Oceanography*, 22: 709-722.
- Newman, M.E. 2001. Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results. *Physical Review Journals*, 64(1): 016131.
- Nunkoo, R.; Gursoy, D. & Ramkissoon, H. 2013. Developments in hospitality marketing and management: social network analysis and research themes. *Journal of Hospital Marketing & Management*, 22: 269-288.
- Olmanson, L.G.; Bauer, M.E. & Brezonik, P.L. 2008. A 20-year Landsat water clarity census of Minnesota's 10,000 lakes. *Remote Sensing of Environment*, 112(11): 4086-4097.
- Petus, C., Chust, G., Gohin, F., Doxaran, D., Froidefond, J.M., & Sagaminaga, Y. 2010. Estimating turbidity and total suspended matter in the Adour River plume (South Bay of Biscay) using MODIS 250-m imagery. *Continental Shelf Research*, 30(5): 379-392.
- Pozdnyakov, D.; Shuchman, R.; Korosov, A. & Hatt, C. 2005. Operational algorithm for the retrieval of water quality in the great lakes. *Remote Sensing Environment*, 97: 352-370.
- Pritchard, A. 1969. Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of documentation*, 25(4): 348-349.
- Ritchie, J.C.; Zimba, P.V. & Everitt, J.H. 2003. Remote sensing techniques to assess water quality. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*, 69: 695-704.
- Seyhan, E. & Dekker, A. 1986. Application of remote sensing techniques for water quality monitoring. *Hydrobiological Bulletin*, 20(2): 41-50.
- Usali, N. & Ismail, M.H. 2010. Use of remote sensing and GIS in monitoring water quality. *Journal of Sustainable Development*, 3: 228-238.
- Van Eck, N.J. & Waltman, L. 2007. VOS: A new method for visualizing similarities between objects. In: DECKER, R., LENZ, H.J. (eds). *Advances in data analysis: Studies in Classification, Data Analysis and Knowledge Organization*, Berlin, Heidelberg, Springer, p. 299-306.
- Wang, X. & Ma, T. 2001. Application of remote sensing techniques in monitoring and assessing the water quality of Taihu Lake. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 67: 863-870.
- Ye, Q., Song, H. & Li, T. 2012. Cross-institutional collaboration networks in tourism and hospitality research. *Tourism Management Perspectives*, 2(3): 55-64.
- Zhang, P., Yan, F. & Du, C. 2015. A comprehensive analysis of energy management strategies for hybrid electric vehicles based on bibliometrics. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 48: 88-104.