

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO ESTUDO DE PROCESSOS EROSIVOS: O CENÁRIO LUSO-BRASILEIRO

Jamil Alexandre Ayach Anache¹, Cláudia Gonçalves Vianna Bacchi² e Teodorico Alves Sobrinho³

Resumo: A combinação entre Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e diagnósticos de erosão é procedimento eficiente na determinação da distribuição espacial da erosão do solo dentro de diversos possíveis cenários. O destaque do Brasil e de Portugal dentre os países lusófonos na produção científica internacional motivou o presente trabalho que teve como objetivo analisar as tendências das produções acadêmicas luso-brasileiras sobre o uso de SIG no estudo da erosão. Através da pesquisa bibliográfica em bases de dados de periódicos, constata-se que o Brasil possui maior demanda por estes estudos na área da erosão laminar em terras agricultáveis e Portugal focaliza seus trabalhos no diagnóstico na erosão costeira. Além disso, dados qualitativos como o SIG utilizado e o modelo de erosão adotado pelas produções acadêmicas dos dois países foram relacionados, bem como a distribuição regional e temporal dos trabalhos em cada país.

Palavras-chave: Erosão do solo. SIG. Pesquisa bibliográfica.

1 Introdução

A erosão do solo e a degradação de terras agricultáveis são dos mais significativos problemas ambientais da atualidade. A água e o vento são os principais agentes erosivos, sendo a erosão hídrica a com maior ocorrência no mundo, considerada processo de degradação ambiental constituído em erosão no sulco e entressulcos. Os sedimentos são transportados e depositados a jusante do seu local de origem (BESKOW et al., 2009).

A erosão está associada, principalmente, com impactos ambientais e a diminuição da produção agrícola, fazendo com que os processos erosivos se tornem alvo de diversos estudos de modo a garantir a manutenção dos cultivos que fornecem alimento para a população e a segurança ambiental (VAN LIER et al., 2005). Nas áreas em que os processos erosivos são avançados, a redução na produtividade do solo pode acontecer e os sedimentos, nutrientes e agrotóxicos transportados podem contaminar e assorear corpos d'água. Nas áreas com problemas de erosão costeira, podem ocorrer danos às

propriedades e construções, bem como afetar zonas agrícolas, urbanas e industriais.

A intervenção eficiente no controle da erosão em bacias rurais requer a aplicação de modelos capazes de estimar satisfatoriamente a produção dos sedimentos. Nesse sentido, existem diversos modelos de predição da erosão com variados graus de complexidade (SILVA et al., 2008). Os modelos de predição de erosão são sensíveis ao tipo de manejo agrícola aplicado ao solo, combinando as variáveis envolvidas, como dados de chuva, características do solo e informações topográficas, em cálculos complexos envolvendo a variação espacial e temporal destes dados (VAN LIER et al., 2005).

O estudo da erosão é possível de ser realizado através de alguns modelos e técnicas, como o Sensoriamento Remoto, o *Water Erosion Prediction Project* (WEPP) e a *Universal Soil Loss Equation* (USLE) que, conforme buscas realizadas em bases de dados científicos, são os mais utilizados pelas pesquisas recentes e podem ser aplicados utilizando SIG, e obter dados de processos erosivos espacialmente.

¹ E-mail: jamil.anache@ufms.br

² E-mail: claudia.bacchi@ufms.br

³ E-mail: teodorico.alves@ufms.br

A análise espacial é ferramenta efetiva na definição da prática agrícola que trará proteção mais efetiva ao solo contra processos erosivos. O uso de SIG ajuda na predição de padrões de erosão do solo e na identificação de áreas cujo uso do solo é de alto risco. Os resultados das modelagens, traduzidos em mapas, fazem com que os dados de monitoramento recolhidos em campo sejam interpretáveis para aqueles que participam da tomada de decisão. Sendo assim, SIG e modelos de erosão são ferramentas para a avaliação das alternativas de gestão do território agrícola e para o planejamento de ações preventivas à erosão (PANAGOPOULOS; ANTUNES, 2008).

A realização deste estudo justifica-se pela relevante importância do uso de SIG no diagnóstico da erosão, através de ferramentas computacionais. Além disso, o foco no âmbito luso-brasileiro neste tema de estudo é válido pelo destaque que o Brasil e Portugal possuem, dentre os países lusófonos, na produção científica internacional. Deste modo, o objetivo do estudo foi caracterizar as tendências das produções acadêmicas luso-brasileiras sobre o uso de Sistemas de Informação Geográfica no estudo da erosão.

2 Material e métodos

Tratou-se de pesquisa do tipo bibliográfica, em que as tendências das produções acadêmicas luso-brasileiras realizadas na área de erosão do solo foram avaliadas, com observância das contribuições científicas sobre o uso de SIG no âmbito da predição de erosão. O estudo foi realizado em etapas e considerou três aspectos específicos: (i) identificar e definir as ferramentas utilizadas para o estudo da erosão no cenário abordado a partir da pesquisa em base de dados científicos; (ii) relacionar os principais SIG utilizados para o estudo da erosão; (iii) descrever o cenário luso-brasileiro no estudo de processos erosivos.

Na etapa da revisão bibliográfica foi realizado o levantamento de trabalhos existentes, com base nas palavras-chave definidas para o tema, através da correlação entre o estudo da erosão e os SIG. Sendo assim, artigos foram pesquisados e selecionados na base de dados científicos

ISI Web of Knowledge (ISI WEB OF KNOWLEDGE, 2011).

Após a leitura dos resumos dos artigos encontrados, eles foram fichados em planilha eletrônica com o objetivo de selecionar a melhor contribuição de cada um para o desenvolvimento da área de pesquisa, definindo qual *software* SIG e qual ferramenta foram utilizados para o estudo da erosão. Consideraram-se somente trabalhos e artigos com autoria de profissionais ou instituições com sede no Brasil ou em Portugal, atendendo ao critério de que os dados para o estudo deveriam se localizar no território dos países abordados.

De modo a caracterizar os cenários da produção científica na área do diagnóstico e da predição da erosão, no Brasil e em Portugal, foram determinados alguns índices gerados pelo *ISI Web of Knowledge* (ISI WEB OF KNOWLEDGE, 2011): número de resultados encontrados; soma das citações; número de artigos citados; média de citações por item encontrado; índice H.

O número de artigos citados consiste no total de artigos citados pelos trabalhos encontrados. A soma das citações consiste no número de vezes em que os artigos encontrados na busca foram citados em outros trabalhos. A média de citações por item encontrado é a relação entre a soma das vezes em que os trabalhos da busca foram citados e o número de artigos encontrados.

O índice H foi proposto para quantificar a produtividade e o impacto de cientistas baseando-se nos seus artigos mais citados. Sendo assim, o índice H é o número de artigos com citações maiores ou iguais a esse número. O índice pode ser também aplicado para estimar a produtividade e impacto de um grupo de cientistas, um departamento, um país, e assim por diante (HIRSCH, 2005).

Além disso, foram gerados gráficos e mapas com o objetivo de ilustrar o número de itens publicados por ano, possibilitando a observação do desenvolvimento das pesquisas na área estudada nos dois países. É importante considerar também quais os modelos ou métodos mais aplicados em cada país e os SIG mais utilizados, na tentativa de traçar a tendência das publicações dos grupos analisados.

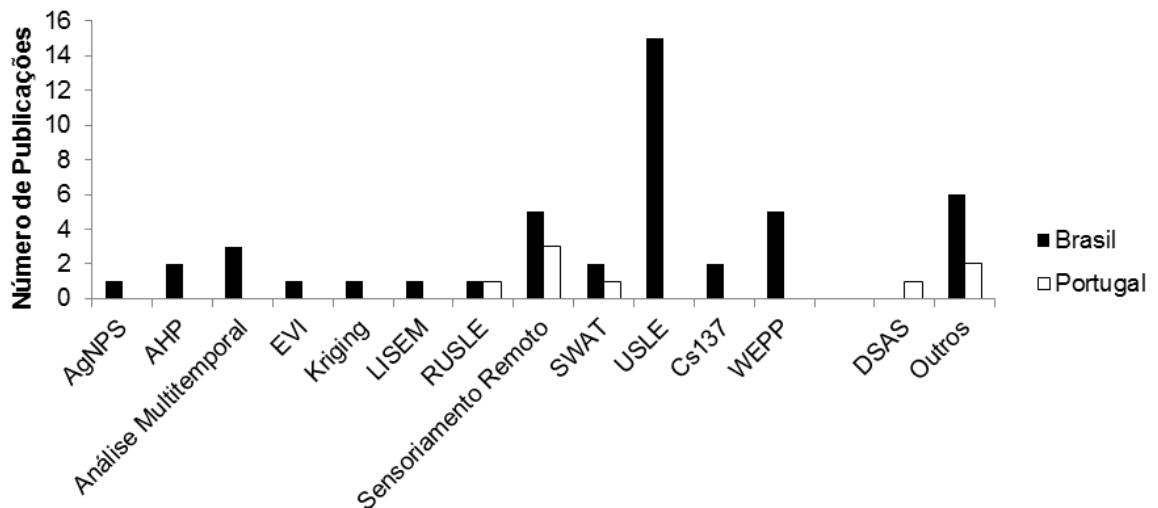
3 Resultados e discussão

3.1 Ferramentas utilizadas para o estudo da erosão

São várias as ferramentas utilizadas nas publicações identificadas pelo presente

trabalho com o objetivo de estudar os fenômenos associados à erosão. Portanto, estas técnicas serão descritas sucintamente, sendo que a USLE, o sensoriamento remoto e o WEPP são as mais empregadas (Figura 1).

Figura 1 - Ferramentas para o estudo de processos erosivos.



As principais técnicas ou modelos analisados seguem descritas brevemente.

O *Agricultural Non-Point Source Pollution Model*, AGNPS, é modelo distribuído baseado em eventos, o qual simula o escoamento superficial e o transporte de sedimentos e nutrientes, sendo o mais empregado em bacias com expressiva atividade agrícola (BINGNER; THEURER, 2009).

O *Analytic Hierarchy Process*, AHP, é um método que auxilia na tomada de decisões complexas. Além disso, o AHP ajuda na escolha e na justificativa da mesma. É uma ferramenta baseada na matemática e psicologia. Nos estudos em que se identificou o uso desta metodologia, constatou-se que a mesma serviu para atribuir pesos na integração de dados ambientais como a erosão do solo em processos, como a obtenção da fragilidade do solo à erosão e a delimitação de áreas prioritárias para a conservação florestal (SAATY, 1980).

A Análise Multitemporal consiste em comparar dados característicos de um mesmo local, em épocas distintas e constatar as modificações ocorridas. Os dados a serem comparados podem ser imagens obtidas por sensoriamento remoto e

dados vetoriais, entre outros dados espaciais de qualquer natureza, desde que estejam disponíveis em períodos distintos.

O *Erosion Vector Interface*, EVI, é um aplicativo computacional exclusivo para o emprego de modelos preditivos de erosão. O programa foi criado para trabalhar com dados vetoriais e atua como uma interface simples e facilita o uso dos modelos em diferentes escalas. O EVI pode estimar a perda de solos em base georreferenciada e pode ser muito útil no planejamento do uso do solo (RANIERI et al., 2001).

Kriging consiste em técnica para análise geoestatística que utiliza a interpolação para melhor prever dados desconhecidos a partir de dados observados com localização conhecida. A rotina *Kriging* está disponível na maioria dos softwares SIG (U.S.G.S., 2011a).

O *Limburg Soil Erosion Model*, LISEM, simula a hidrologia e o transporte de sedimentos durante e imediatamente depois de um evento chuvoso em uma pequena bacia hidrográfica (entre 10 e 300 ha). Este modelo foi desenvolvido inicialmente para avaliar os efeitos do uso e ocupação do solo e das práticas conservacionistas e foi originalmente criado para a província de

Limburgo na Holanda. Os processos básicos incorporados no modelo são precipitação, acúmulo superficial, infiltração, movimento vertical da água no solo, escoamento superficial, vazão da drenagem, desprendimento pela precipitação, capacidade de transporte e desprendimento pelo escoamento superficial (JETTEN, 2002).

O *Soil and Water Assessment Tool*, SWAT foi desenvolvido para prever, em um longo período de tempo, o impacto das práticas de gestão territorial no rendimento de recursos hídricos, sedimentos e agroquímicos em bacias hidrográficas grandes e complexas, onde ocorre a variação da classe, uso e ocupação do solo. É um modelo físico, necessitando, por exemplo, de dados climáticos, porém, no componente da erosão, utiliza a MUSLE (USLE modificada) como modelo preditivo (NEITSCH et al., 2009).

Medidas espaciais do decaimento radioativo do Cs137 podem ser usadas para estimar a erosão do solo e deposição de sedimentos. É a única técnica capaz de realizar medições da atual perda de solo e sua deposição com rapidez e eficiência (ANDRELLO et al., 2003).

O *Digital Shoreline Analysis System*, DSAS, é um *software* computacional gratuito que calcula a taxa de variação estatística do posicionamento histórico da linha costeira em um ambiente SIG. Também é muito utilizado para o acompanhamento das taxas de variação de costas com problemas de mudanças fronteiriças ou territoriais. Para utilizar o programa, necessita-se dos pontos da linha costeira e uma linha de base gerada pelo usuário. Os dados resultantes do sistema são medidas de distância (mudanças e movimentos da linha costeira), dados estatísticos e dados vetoriais (THIELER et al., 2008).

Sensoriamento remoto é o processo de detecção e monitoramento de características físicas de uma área através da medição a distância da radiação refletida e emitida pelo objeto/ área de interesse. Nos trabalhos levantados pelo presente estudo, estes objetos são os processos erosivos, geralmente ocorridos em regiões costeiras. O Sensoriamento Remoto inclui além das imagens de satélite e radar, as fotografias aéreas, digitais ou não (U.S.G.S., 2011b).

A Equação Universal da Perda de Solos, USLE, é um modelo de erosão elaborado para aferir a média de perda de solos para longo período de tempo em condições específicas, considerando padrões de chuva, classes de solo, uso e ocupação do solo e topografia, a partir da multiplicação dos termos: R: fator erosividade da chuva; K: fator erodibilidade do solo; LS: fator topográfico; C: fator de uso e manejo do solo; P: fator de práticas conservacionistas (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

O *Water Erosion Prediction Project*, WEPP, é um modelo dinâmico de simulação que incorpora conceitos de erosão entressulcos e nos sulcos. É possível simular os processos que ocorrem em uma determinada área nas versões de encosta, malha e bacia hidrográfica, de acordo com o estado atual do solo, cobertura vegetal, restos culturais e umidade do solo. O modelo é composto pelos componentes de erosão do solo, hidrológico, crescimento de planta e decomposição de resíduos, balanço hidrológico, hidráulica do escoamento superficial e solo, sendo que alguns demandam séries históricas (NEARING et al., 1989).

A Equação Universal da Perda de Solos Revisada, RUSLE, possui a mesma fórmula da USLE. Entretanto, várias melhorias foram feitas, incluindo novos e revisados mapas de erosividade, uma abordagem temporal para o fator erodibilidade, um subfator para avaliar o fator de uso e manejo do solo, uma nova equação para a declividade e comprimento de rampa e novos valores para práticas conservacionistas (RENARD et al., 1991).

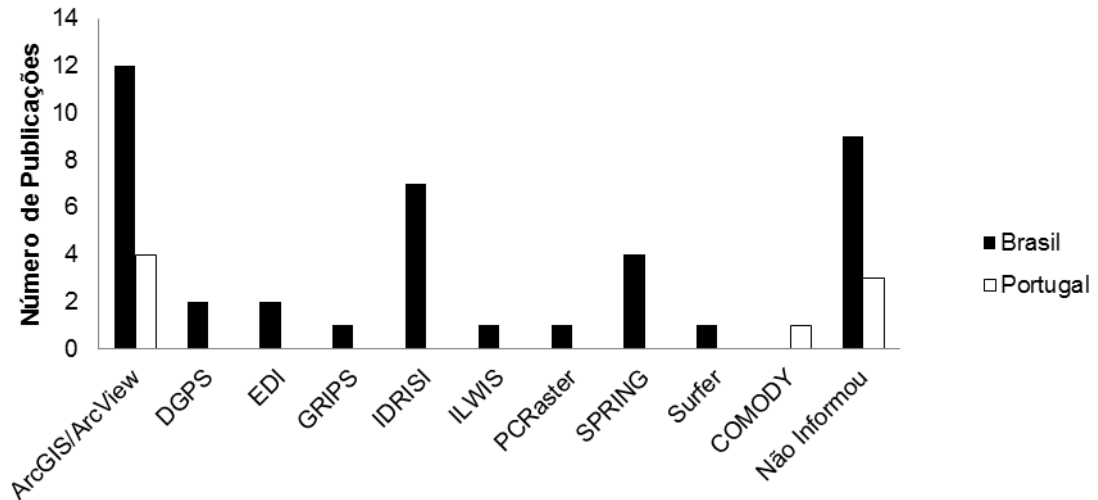
3.2 Os SIG utilizados para o estudo da erosão

Os *softwares* SIG utilizados nos estudos que objetivam a avaliação da erosão são apresentados na Figura 2.

Observa-se que no Brasil são utilizados diferentes tipos de SIG em processos de avaliação, predição e diagnóstico da erosão do solo, enquanto que em Portugal, não existe variedade nos *softwares* SIG empregados.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.14, n. 4, p. 76-87, jul./dez. 2012

Figura 2 - Softwares SIG aplicados nas produções pesquisadas.



3.3 O cenário luso-brasileiro

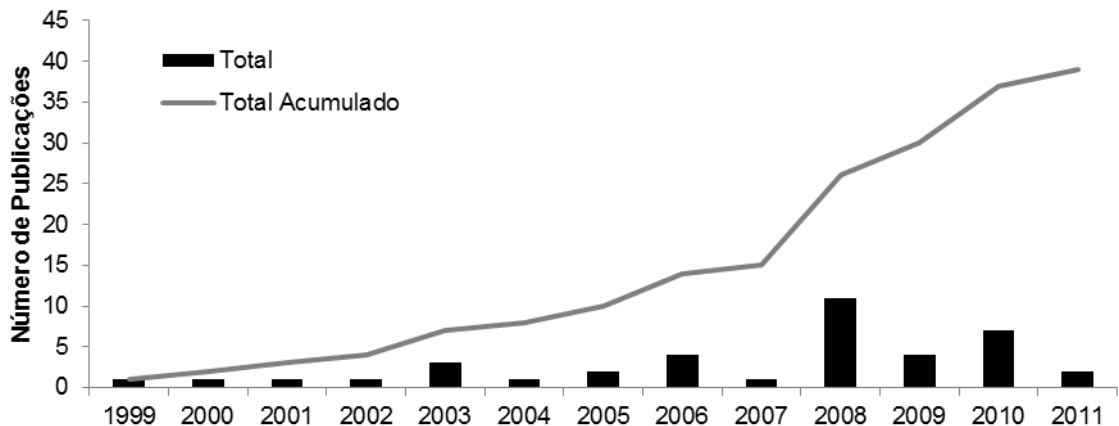
Existem aproximadamente 1000 trabalhos acadêmicos que abordam a temática SIG e erosão em todos os países. A grande fatia dessa produção pertence aos Estados Unidos (26%), seguido pela República Popular da China (10%), Índia (8%) e países da União Européia. O Brasil ocupa a 12ª posição com 39 artigos (3%) na produção científica sobre a temática abordada e Portugal está posicionado na 25ª

colocação com 9 artigos (1%) (ISI WEB OF KNOWLEDGE, 2011).

3.3.1 Situação brasileira

Os anos de 2008 e 2010 foram os mais produtivos no assunto abordado e percebe-se que há tendência de aumento no número de publicações com o passar dos anos (Figura 3).

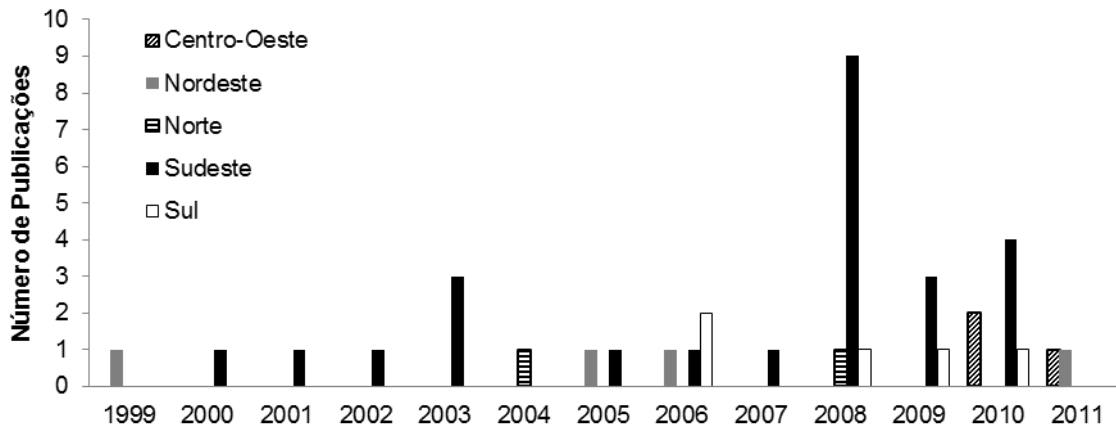
Figura 3 - Publicações por ano no Brasil referente aos estudos de processos erosivos que utilizaram SIG.



A distribuição regional e temporal das publicações brasileiras na área é apresentada na Figura 4. A região sudeste concentra os trabalhos e a sua situação influencia nos resultados envolvendo o país inteiro. Deve-se considerar que o sudeste lidera por diversos motivos, como a existência de mais instituições e pesquisadores, a maior disponibilidade de

dados como séries históricas e maior população em comparação com o resto do país. Portanto, resultados positivos e aplicáveis somente serão alcançados se dados básicos, como pedológicos, de uso do solo, relevo e topografia, entre outros, forem adequadamente mapeados para posterior aplicação (SILVA et al., 2008).

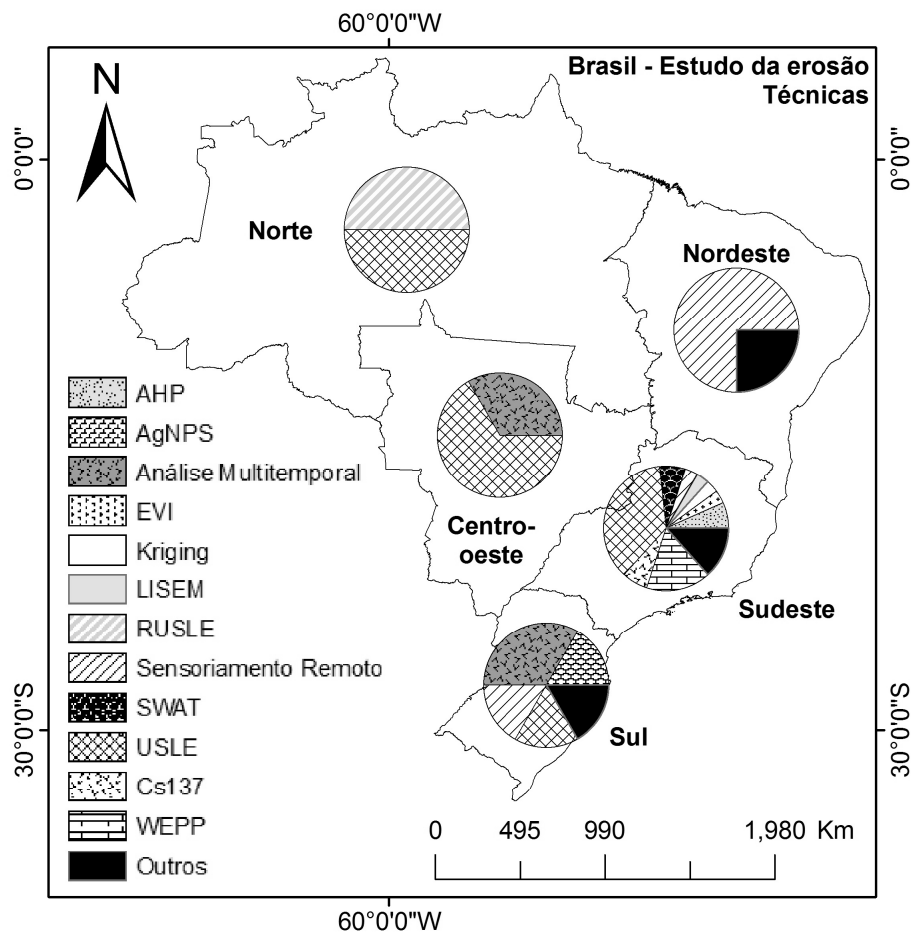
Figura 4 - Publicações de estudos de processos erosivos que utilizaram SIG no Brasil por ano e região.



São apresentados na Figura 5 os modelos e métodos mais empregados para o estudo da erosão no Brasil. Verifica-se que a USLE é mais utilizada nos estudos desenvolvidos no Sudeste e no Centro-

oeste, enquanto nas regiões Sul e Nordeste são aplicados métodos baseados em análise multitemporal e sensoriamento remoto. Na região Norte foram utilizadas a USLE e a RUSLE.

Figura 5 - Distribuição regional das publicações sobre estudos de acordo com as técnicas para o estudo de erosão.



REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.14, n. 4, p. 76-87, jul./dez. 2012

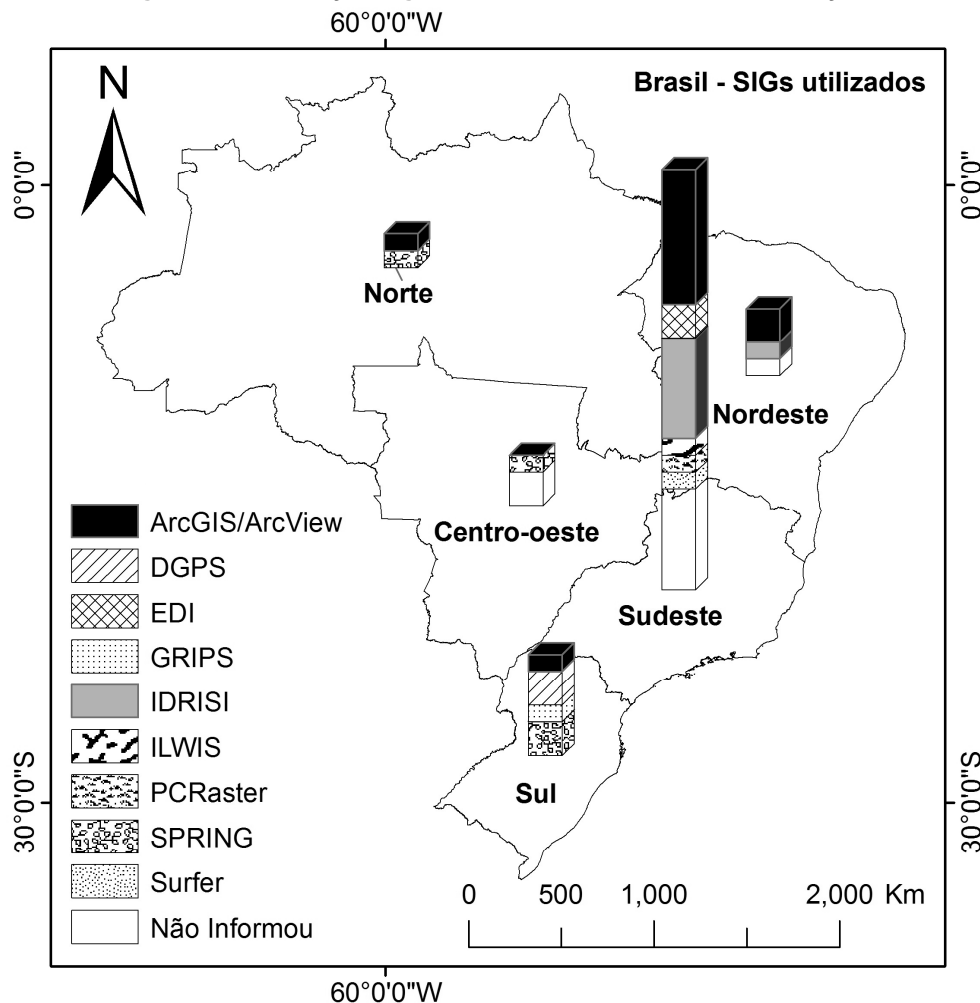
Os SIGs utilizados nas pesquisas brasileiras em erosão são vários, sendo o ArcGIS/ArcView o mais empregado, nas cinco regiões do país (Figura 6). No Sudeste verifica-se grande utilização do IDRISI. O SPRING, *software* livre desenvolvido no Brasil, também é difundido, sendo detectados trabalhos que o utilizaram no Norte, Centro-oeste e Sul.

A distribuição regional dos trabalhos sobre erosão utilizando SIG para espacializar

os dados está apresentada também pela Figura 6. Nota-se a liderança absoluta do Sudeste nestas pesquisas, seguido pelo Sul, Nordeste, Centro-oeste e Norte.

Nas revistas voltadas para questões agrícolas e ambientais, a erosão laminar é o principal foco das pesquisas brasileiras em erosão. Entretanto, pela expressiva extensão da costa do país com o Oceano Atlântico, alguns trabalhos têm como objeto de estudo a erosão costeira.

Figura 6 - Distribuição regional dos SIG utilizados nas publicações.



3.3.2 Situação portuguesa

No âmbito acadêmico português, as pesquisas sobre o estudo da erosão vêm aumentando de maneira discreta. Os primeiros registros de trabalhos que utilizaram SIG para este tipo de estudo são datados do ano 2000 e o ano mais produtivo foi 2009. Entretanto, houve anos em que a produção ficou estagnada em um artigo por

ano e quatro anos seguidos sem publicações na área, de 2001 a 2004 (Figura 7).

A produção bibliográfica sobre o tema está dividida entre as regiões de Lisboa e Norte, aonde se concentra a maioria da população do país (Figura 8). O Norte concentrou suas pesquisas no ano de 2009 em sua maioria, enquanto a produção de Lisboa está distribuída ao longo dos anos.

Em Portugal, a metodologia utilizada para a avaliação da erosão com maior

aplicação é o sensoriamento remoto. A erosão costeira foi o objeto de estudo dos trabalhos de Trigo-Teixeira et al.(2000), Ferreira et al. (2006), Taveira-Pinto, Pais-Barbosa e Veloso-Gomes (2009) e Gomes et al. (2005). O SIG com a maior popularidade entre os pesquisadores portugueses é o ArcGIS. Este aplicativo foi utilizado por Trigo-Teixeira et al. (2000), Pires, Gomes e Chaminé (2009), Panagopoulos e Antunes (2008) e Nunes, Seixas e Pacheco (2008).

O sensoriamento remoto aplicado para a avaliação da erosão costeira é a temática com maior produção no território português, sendo que a região de Lisboa concentra a maior parte destes trabalhos. Os modelos RUSLE, SWAT (MUSLE), DSAS e outros são empregados em outros estudos espalhados pelo país, principalmente na região Norte (Figura 9).

Conforme apresentado na Figura 10, o *software* SIG mais difundido é o ArcGIS, pois está presente na maioria dos estudos feitos na região de Lisboa e também nos trabalhos de pesquisadores das regiões Norte e Algarve. Verificou-se o uso do *software* COMODY na região Norte e outros estudos não citaram qual SIG foi utilizado no desenvolvimento do trabalho. Em números absolutos, a região Norte, com quatro artigos publicados, é a região com mais trabalhos na temática da erosão utilizando SIG, seguido por Lisboa, com três estudos e, por último, a região do Algarve contribuindo com um trabalho na área. Isto se deve ao fato de que os grandes centros de pesquisa e grandes universidades estão localizados nas cidades de Lisboa e Porto.

Figura 7 - Publicações por ano em Portugal referente aos estudos de processos erosivos que utilizaram SIG.

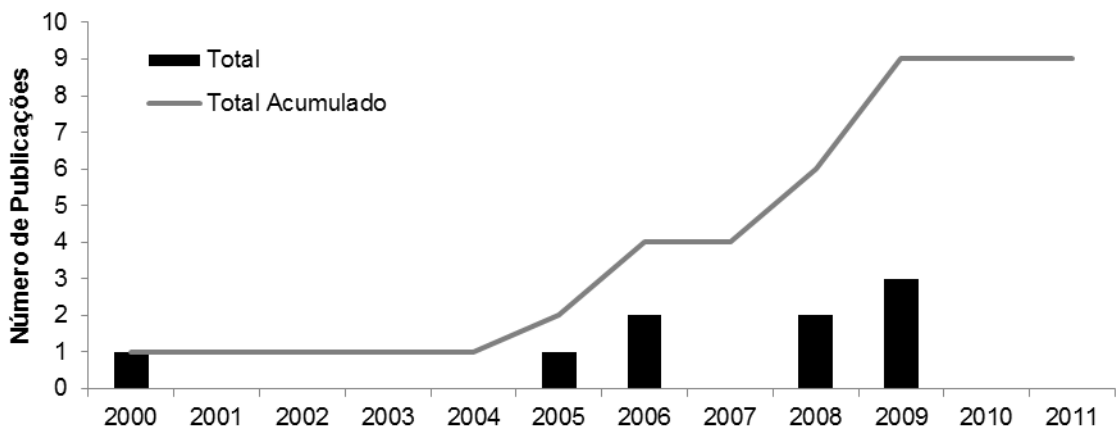


Figura 8 - Publicações de estudos de processos erosivos que utilizaram SIG em Portugal por ano e região.

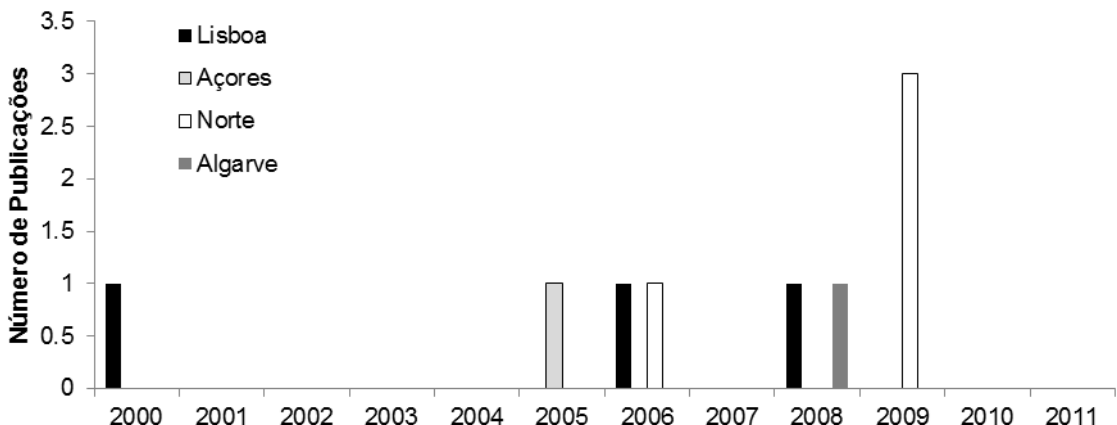


Figura 9 - Distribuição regional das publicações de acordo com as técnicas para o estudo da erosão.

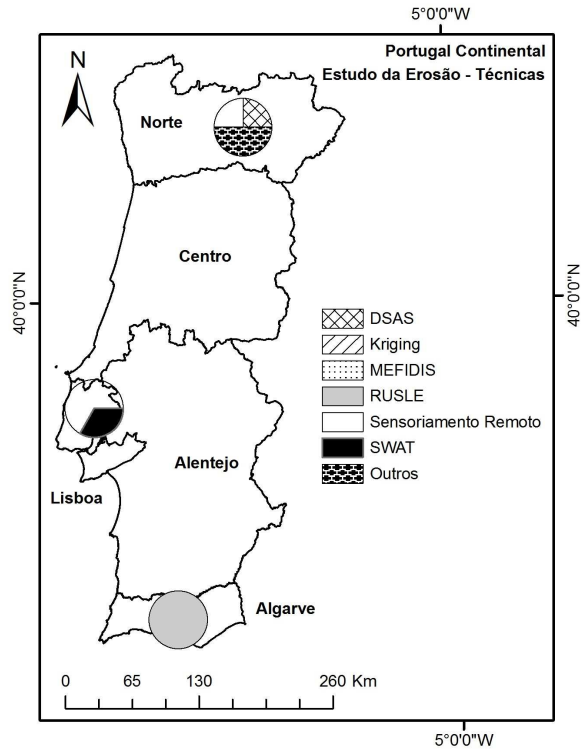
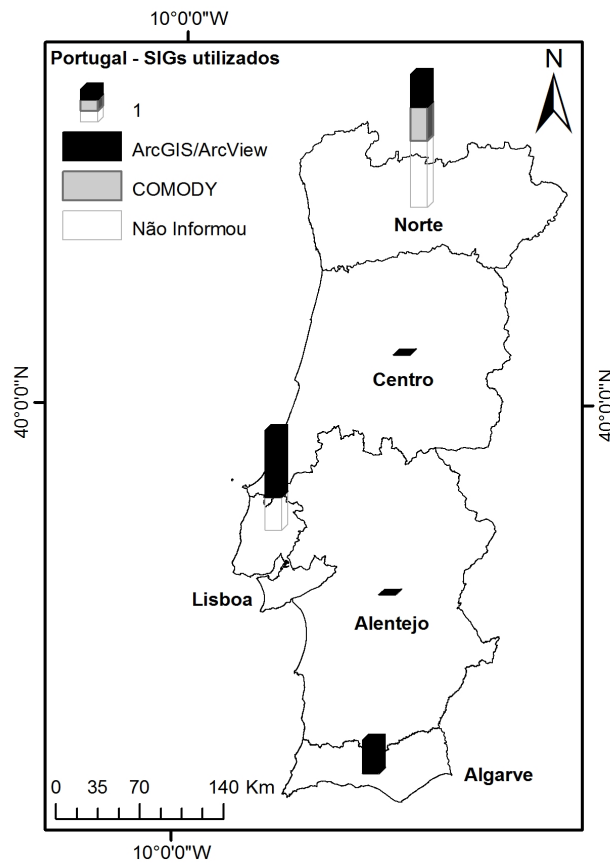


Figura 10 - Distribuição regional dos SIG utilizados nas publicações.



REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.14, n. 4, p. 76-87, jul./dez. 2012

O foco das pesquisas em Portugal está no âmbito da erosão costeira, uma vez que Portugal é um dos poucos países Europeus com costa no Oceano Atlântico, gerando demanda por estes estudos.

3.4 Análise comparativa

Os índices relacionados com a produção científica na área de diagnóstico da erosão utilizando SIG podem ser observados na Tabela 1. Existe grande diferença entre os valores, pois Brasil e Portugal estão

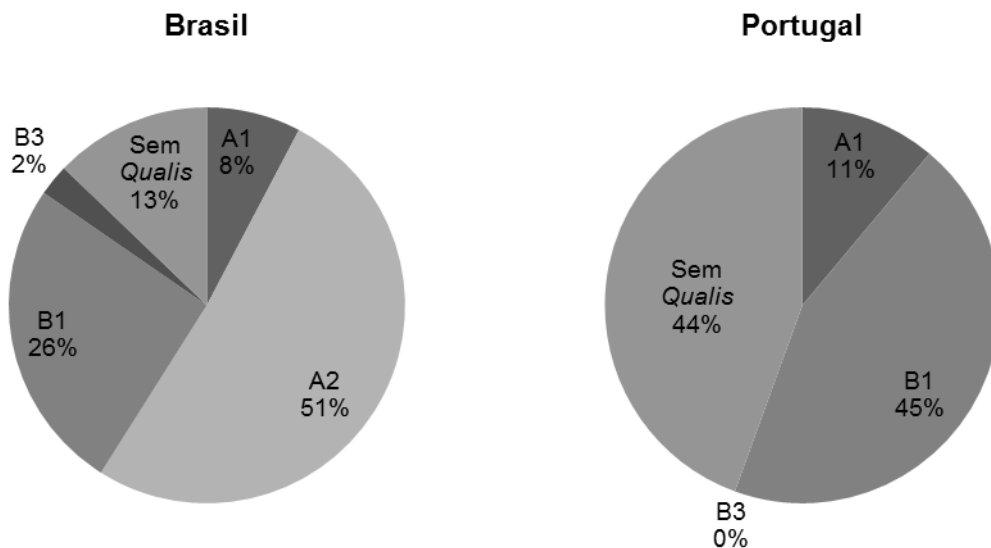
inseridos em contextos demográficos, físicos e culturais diferentes.

Considerando-se o sistema brasileiro de avaliação denominado Qualis (CAPES, 2011), que afere a qualidade dos artigos e de outros tipos de produção nos veículos de divulgação, ou seja, periódicos científicos, enquadrados em estratos indicativos da qualidade, em que o A1 é o mais elevado, seguindo-se decrescentemente A2, B1 ao B5 e C, observou-se que no tema abordado, o Brasil possui a maior parte de sua produção em periódicos com conceito A2 e Portugal tem seus artigos em sua maioria em revistas com conceito B1 (Figura 11).

Tabela 1 - Índices comparativos da produção científica relativa à erosão.

Índices	Brasil	Portugal
Número de resultados encontrados para a busca	39	9
Soma das citações	78	4
Número de artigos citados	72	4
Média de citações por item encontrado	2,4	0,4
Índice H	6	2

Figura 11 - Comparação do conceito *Qualis* dos periódicos analisados no Brasil e em Portugal.



Fonte: Capes (2011)

As produções científicas brasileiras identificadas no presente trabalho são publicadas nacionalmente (51%) e internacionalmente (49%) e, no âmbito português, observa-se que todos os artigos encontrados foram publicados internacionalmente. Este fato pode ser explicado pela extensão territorial dos dois países, uma vez que o Brasil possui elevado número de periódicos nacionais por ter dimensões continentais e Portugal não, levando este a publicar em outros países.

As publicações de Portugal na temática abordada estão mais voltadas para o estudo da erosão costeira, enquanto que no Brasil, observa-se maior preocupação com a erosão laminar, pois o Brasil possui regiões sem acesso ao oceano, enquanto Portugal tem todas as suas regiões com costa para o Atlântico.

A exploração do solo também parece ter influência no tema dos trabalhos. No Brasil, os usos predominantes são a pecuária e a agricultura e em Portugal é a

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.14, n. 4, p. 76-87, jul./dez. 2012

agricultura, principalmente o cultivo de vinhas. Logo, o impacto gerado pela exploração do solo no Brasil demanda mais estudos sobre o controle de processos erosivos do que em Portugal.

4 Conclusões

As geotecnologias estão consolidadas como ferramentas para a avaliação, identificação e diagnóstico de processos erosivos nos dois países.

O período em que se iniciaram os primeiros trabalhos envolvendo o estudo da erosão utilizando SIG coincide no Brasil e em Portugal, que é o início dos anos 2000.

O aplicativo SIG de maior utilização em ambos os países é o ArcGIS, porém, no Brasil, o IDRISI e o SPRING também tem o seu uso difundido em algumas regiões.

Há concentração regional de produção de trabalhos no Brasil (região Sudeste) e em Portugal as publicações se dividem entre as regiões Norte e Lisboa.

No Brasil, o modelo USLE é o mais empregado como ferramenta para o estudo da erosão e em Portugal, o sensoriamento remoto tem maior utilização para esta finalidade.

Os objetivos desses estudos variam nos dois países de acordo com as atividades econômicas da região aonde foram realizados. No Brasil, por se tratar de país com vocação agrícola, os trabalhos geralmente estão vinculados à conservação do solo e água, visando monitorar e controlar a erosão laminar, que ameaça a produtividade agrícola. Em Portugal, observa-se preocupação com eventos erosivos em zonas costeiras, questão que envolve a disponibilidade de terras no país, devido às suas características territoriais.

5 Geographic information systems applied to erosion processes studies: the Portuguese-Brazilian scenario

Abstract: *The association between Geographic Information Systems (GIS) and erosion studies is an efficient procedure in the determination of the spatial distribution of soil erosion in different possible scenarios. The highlight of Brazil and Portugal among the Portuguese-speaking countries in the international scientific literature motivated this work which aimed to analyze trends in Luso-Brazilian scientific productions on the use of GIS in erosion studies. Using the bibliographic research in scientific databases, it was found out that Brazil has demanded studies about laminar erosion in agricultural lands and Portugal has focused on the coastal erosion diagnosis. Moreover, qualitative data in the scientific papers such as the used GIS software and the applied erosion model were listed, as well as the regional and temporal distribution in each country.*

Keywords: Soil erosion. GIS. Bibliographic research.

6 Referências

ANDRELLO, A. C.; GUIMARÃES, M. F.; APPOLONII, C. R.; NASCIMENTO FILHO, V. F. Use of cesium-137 methodology in the evaluation of superficial erosive processes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 3, 2003. ISSN 1516-8913.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **CATENA**, 49-59 p. 2009.

BINGNER, R. L.; THEURER, F. D. **AGNPS**. 2009. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=5199>>. Acesso em: 23/10/2011.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior: **WebQualis**. Brasília, Brasil, 2011. Disponível em: <<http://qualis.capes.gov.br/webqualis/>>. Acesso em: 26/10/2011.

FERREIRA, J. C.; SILVA, C.; TENEDORIO, J. A.; PONTES, S.; ENCARNACAO, S.; MARQUES, L. Coastal Greenways: Interdisciplinarity and integration challenges for the management of developed coastal areas. **Journal of Coastal Research**, v. 3, p. 1833-1837, Win 2006. ISSN 0749-0208. Disponível em: <Go to ISI>://WOS:000202961500127 .

GOMES, A.; GASPAR, J. L.; GOULART, C.; QUEIROZ, G. Evaluation of landslide susceptibility of Sete Cidades Volcano (S. Miguel Island,

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.14, n. 4, p. 76-87, jul./dez. 2012

Azores). **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 5, n. 2, p. 251-257, 2005. ISSN 1561-8633. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000228639000010 >.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 46, 2005.

ISI Web of Knowledge. 2011. Disponível em: < <http://apps.webofknowledge.com/> >. Acesso em: 16/05/2011.

JETTEN, V. LISEM: Limburg Soil Erosion Model. **Utrecht Centre for Environment and Landscape Dynamics**, 2002.

NEARING, M. A.; FOSTER, G. R.; LANE, L. J.; FINKNER, S. C. A. Process-Based Soil Erosion Model for USDA - Water Erosion Prediction Model. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 32, n. 5, p. 7, 1989.

NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G.; KINIRY, J. R.; WILLIAM, J. R. **SWAT - Soil and Water Assessment Tool**. Theoretical Documentation. Temple, Texas, USA: 647 p. 2009.

NUNES, J. P.; SEIXAS, J.; PACHECO, N. R. Vulnerability of water resources, vegetation productivity and soil erosion to climate change in Mediterranean watersheds. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 16, p. 3115-3134, 2008. ISSN 0885608710991085.

PANAGOPOULOS, T.; ANTUNES, M. D. C. Integrating Geostatistics and GIS for Assessment of Erosion Risk on Low Density Quercus suber Woodlands of South Portugal. **Arid Land Research and Management**, 159-177 p. 2008.

PIRES, A. C.; GOMES, A.; CHAMINÉ, H. I. Dynamics of Coastal Systems Using GIS Analysis and Geomaterials Evaluation for Groins. **Environmental & Engineering Geoscience**, v. 15, n. 4. 245-260 p. 2009.

RANIERI, S. B. L.; VAN LIER, Q. D.; SPAROVEK, G.; FLANAGAN, D. **Erosion Vector Interface (EVI): A Computer Program for Georeferenced Application of Erosion Prediction Models (USLE and WEPP)**. In: ASAE, Soil Erosion Research for the 21st Century, International Symposium, 2001. Honolulu, HI, USA.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; PORTER, J. P. RUSLE: Revised universal soil loss equation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 46, n. 1, p. 4, 1991.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York, USA: McGraw-Hill, 1980.

SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; CURI, N.; OLIVEIRA, P. M. Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica de latossolos no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 2125-2134 p. 2008.

TAVEIRA-PINTO, F.; PAIS-BARBOSA, J.; VELOSO-GOMES, F. Coastline Evolution at Esmoriz-Furadouro Stretch (Portugal). **Journal of Coastal Research**, p. 673-677, 2009. ISSN 0749-0208. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000266722300140 >.

THIELER, E. R.; HIMMELSTOSS, E. A.; ZICHICHI, J. L.; ERGUL, A. **The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—an ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change**. U.S. Geological Survey Alexandria, Virginia, USA. 2008

TRIGO-TEIXEIRA, A.; MATOS, J.; PIMENTEL, C.; PINHEIRO, J. A map of land at risk on the Portuguese Coast. **Periodicum Biologorum**, v. 102, p. 605-612, Sep 2000. ISSN 0031-5362. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000166145900078 >.

U.S.G.S. USGS: **Science Topics: kriging**. v. 2011, n. 24/10/2011, 2011a. Disponível em: < <http://www.usgs.gov/science/science.php?term=616&type=theme> >.

U.S.G.S. USGS: **Science Topics: remote sensing**. v. 2011, n. 24/10/2011, 2011b. Disponível em: < <http://www.usgs.gov/science/science.php?term=981> >.

VAN LIER, Q. J.; SPAROVEK, G.; FLANAGAN, D. C.; BLOEM, E. M.; SCHNUG, E. Runoff mapping using WEPP erosion model and GIS tools. **Computers & Geosciences**, 1270-1276 p. 2005.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **Agriculture Handbook Nº 537**, Washington, EUA, 1978.