

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS PERDAS DE SOLO NA BACIA DO RIO MAMUABA, ESTADO DA PARAÍBA

Ana Paula Campos Xavier¹; Alexandro Medeiros Silva²; Isabella Carvalho de Medeiros³ & Richarde Marques da Silva^{4}*

Resumo – As mudanças nos usos do solo devido ao avanço da agricultura nos últimos anos têm provocado grande influência nas perdas de solo. Este trabalho analisa a influência das alterações do uso e ocupação do solo nas perdas de solo e aporte de sedimentos entre 1989 e 2001, para a bacia do Rio Mamuaba. Para o cálculo das perdas de solo, foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solos (USLE). Os Fatores R, K, LS e CP da USLE foram obtidos em ambiente SIG. Os resultados obtidos mostraram que as perdas de solo variaram de 0 a 84 t/ha/ano. As maiores perdas de solo na bacia foram localizadas na porção sudeste. As perdas de solo também foram mais significativas nas áreas com o tipo de solo Espodosolo. Os resultados da aplicação da SDR podem ser considerados como bastante baixo (1,18%) e o aporte de sedimento variaram de 0,645 a 0,697 t/ha, para os anos de 1989 e 2001, respectivamente, mostrando uma variação de aproximadamente 6%. Assim, o uso da USLE e SIG mostrou-se ser uma técnica eficaz na representação espacial das perdas de solo na bacia Rio Mamuaba para a identificação das áreas mais vulneráveis ao processo de erosão dos solos.

Palavras-Chave – paisagem; SIG; produção de sedimentos.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF USE AND LAND COVER IN SOIL LOSS IN MAMUABA RIVER BASIN, PARAÍBA STATE

Abstract – Changes in land use due to the advance of agriculture in the last years have caused great influence on the soil losses. This study analyses the influence of the changes of land use and occupation on the soil loss and sediment delivery between 1989 and 2001 within Mamuaba River basin. In order to calculate the soil loss, the universal soil loss equation (USLE) was used. The USLE was used to determine the average annual soil loss and its spatial distribution within the basin. The USLE's R, K, LS and CP factors were obtained in a GIS environment. The obtained results showed values of soil losses ranging from 0 to 84 t/ha/year. The main soil losses within the basin occurred in the southeastern part of the basin. The soil losses also were most strong in the areas with Spodosol. The results about the SDR application can be considered quite low (1.18%) and the sediment yield varied between 0.645 and 0.697 t/ha for 1989 and 2001, respectively, showing a variation around 6%. Thus, the integrated use of USLE and GIS showed to be an effective technique in the spatial representation of soil losses within Mamuaba River basin in order to identify the most susceptible areas to the soil erosion process.

Keywords – landscape, GIS, sediment yield.

¹ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. Aluna do Curso de Engenharia Ambiental, UFPB, anapcxavier@gmail.com

² Bolsista de Extensão do Proext-MEC. Aluno do Curso de Graduação em Geografia, UFPB, medeiros_alexandro@hotmail.com

³ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. Aluna do Curso de Engenharia Ambiental, UFPB isabellacmedeiros@gmail.com

⁴ Professor Adjunto II, UFPB, CCEN, Departamento de Geociências, richarde@geociencias.ufpb.br

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico e agrícola do Brasil tem sido, nas últimas décadas, caracterizado pelo uso intensivo dos recursos naturais sem o devido planejamento, e aliado às características dos solos e do clima, promovem uma maior susceptibilidade à erosão dos solos (Vanzela *et al.* 2010). A erosão do solo acelerada constitui um sério problema global de degradação de terras e um dos maiores riscos ambientais da atualidade. A realização de estudos e a compreensão dos fatores que condicionam o processo de erosão dos solos em bacias são de grande importância para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois auxiliam na busca por medidas mitigadoras das consequências decorrentes da produção, transporte e deposição de sedimentos.

O uso da geotecnologia por meio das técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) pode se mostrar eficiente enquanto ferramenta capaz de propiciar elementos para o levantamento de dados do meio físico e do uso e ocupação da superfície terrestre, gerando, conseqüentemente informações relevantes nos estudos ambientais, em especial, no que se refere à análise de erosão do solo (Souza *et al.*, 2011). As geotecnologias, sobretudo o Sensoriamento Remoto e os SIGs, têm sido amplamente utilizadas nas análises ambientais em virtude de sua flexibilidade e disponibilidade, pois trabalham com um sistema computacional que permite analisar as informações de uso e ocupação das bacias Hidrográficas de forma mais ágil e rápida. Nesse sentido, este estudo tem por objetivo estimar a perda de solo com aplicação da equação USLE (Wischmeier e Smith, 1965), associado à taxa de transferência de sedimentos, bem como relacionar a erosividade com as modificações recentes na cobertura vegetal e no uso e ocupação do solo na bacia do Rio Mamuaba para os anos de 1989 e 2001, com o uso de ferramentas de SIG.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A bacia do Rio Mamuaba está localizada entre as latitudes 7°15'0" e 7°21'0" Sul e as longitudes 35°03'0" e 35°7'30" Oeste, no Litoral Sul do Estado da Paraíba. Essa bacia possui uma área de drenagem de aproximadamente 62 km² e apresenta evaporação média anual de aproximadamente 1.300 mm/ano, enquanto a precipitação média anual é de 1.700 mm/ano. A bacia do Rio Mamuaba é um dos principais rios que compõe a bacia hidrográfica do Rio Gramame, uma das bacias responsáveis pelo abastecimento de água para os municípios de João Pessoa, Conde, Santa Rita, Bayeux e Cabedelo, que fazem parte da Região Metropolitana denominada de Grande João Pessoa no Estado da Paraíba.

Determinação dos Fatores da USLE

Para a estimativa das perdas de solo utilizou-se a USLE (Wischmeier e Smith, 1965). A USLE é uma equação de base empírica que calcula a erosão do solo por meio de índices que representam os principais fatores controladores da erosão, i.e., chuva, erodibilidade, topografia e uso do solo. A USLE pode ser utilizada na identificação de riscos de degradação de solos em microbacias, desde que adaptado às condições de estudo. O modelo é representado como $A = R \times K \times LS \times C \times P$, onde A é a estimativa da perda de solo por área no tempo (t/ha/ano), R é o fator de erosividade da chuva ou o potencial de erosão causada pela chuva (MJ·mm/ha/h/ano), K é o fator de erodibilidade do solo que varia de acordo com os tipos de solos (t·ha·h/ha/MJ/mm), LS é o fator topográfico é o conjunto de comprimento de rampa e grau de declividade, C é o fator do uso e

ocupação do solo, sendo a relação dos diferentes tipos de manejo da terra e a intensidade das perdas de solo, e P é o fator prática conservacionista do solo onde é a relação entre determinada pratica conservacionista e as perdas de solo.

O fator de erosividade da USLE (Fator R) foi calculado com base na equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999). Para isto foram adquiridos dados de precipitação diária de seis postos pluviométricos para o período de 1969 a 1989, junto a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). Os dados de precipitação diária foram acumulados para a escala mensal. Em seguida foram calculados a média mensal e a anual para cada posto para se determinar a erosividade anual para cada posto utilizado. O Fator R pode ser dado por:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 89,823 \left(\frac{P_m^2}{P_a} \right)^{0,759} \quad (1)$$

sendo R o fator de erosividade da chuva (MJ·mm/ha/h/ano), P_m a precipitação mensal (mm), P_a a precipitação média total anual (mm).

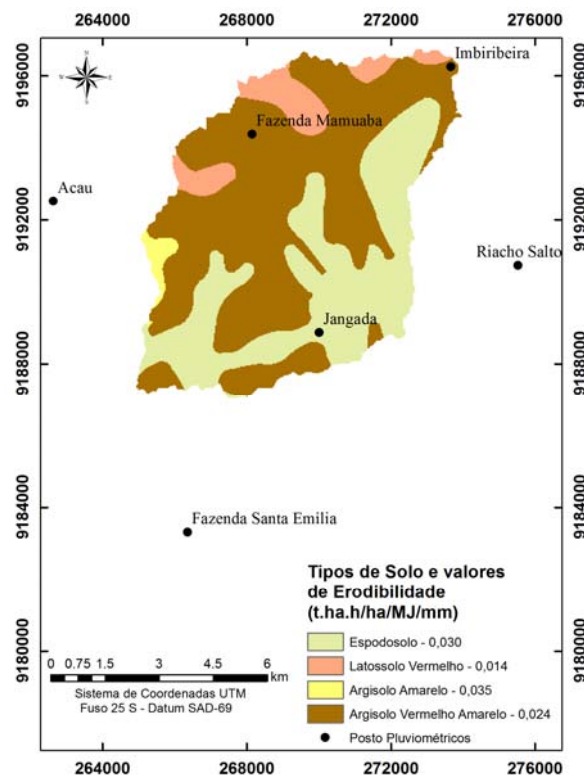


Figura 1 – Distribuição espacial do fator de erodibilidade dos solos para a bacia do Rio Mamuaba.

Posteriormente, os dados anuais de erosividade foram interpolados pelo Método do Inverso do Quadrado da Distância (IDW) em ambiente SIG. De acordo com Costa e Silva (2012), esse método de interpolação global se baseia no princípio de que quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior deverá ser a correlação entre seus valores. Nesse sentido, procurou-se representar uma maior distribuição espacial da erosividade.

O fator de erodibilidade do solo foi obtido a partir da associação do mapa de solos disponibilizados pela EMBRAPA (1999) com os valores de erodibilidade encontrados na literatura para unidades pedológicas similares às da área de estudo, baseados em experimentos de campo dos estudos de Farinasso (2006) e Mendonça (2005).

Para o cálculo do fator LS da USLE utilizou-se o do Modelo Digital de Elevação com resolução espacial de 30 metros, obtido junto ao site do INPE (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>). Esse método foi escolhido por se mostrar eficaz na representação do fator topográfico em bacias da região litorânea do Nordeste, como apresentado nos trabalhos de Silva *et al.* (2007), Silva *et al.* (2012). O Fator LS é dado pela seguinte expressão:

$$LS = \left(\frac{V}{22,13} \right)^{0,4} \left(\frac{\sin \theta}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (2)$$

sendo V a acumulação de fluxo multiplicada pelo tamanho da célula, θ o ângulo da declividade em graus, ambos os parâmetros são derivados do Modelo Digital de Elevação.

Para o mapeamento da área de estudo foram obtidas as imagens de satélite do Landsat-5/TM e Landsat-7/ETM, com órbita e ponto 214/65 para os anos de 1989 e 2001 respectivamente, em formato TIFF, no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com a finalidade de analisar as modificações ocorridas na cobertura vegetal e no uso e ocupação do solo na bacia do Rio Mamuaba (Figura 2), bem como a variabilidade climática, a erosividade das chuvas e estimar as perdas de solo para a bacia.

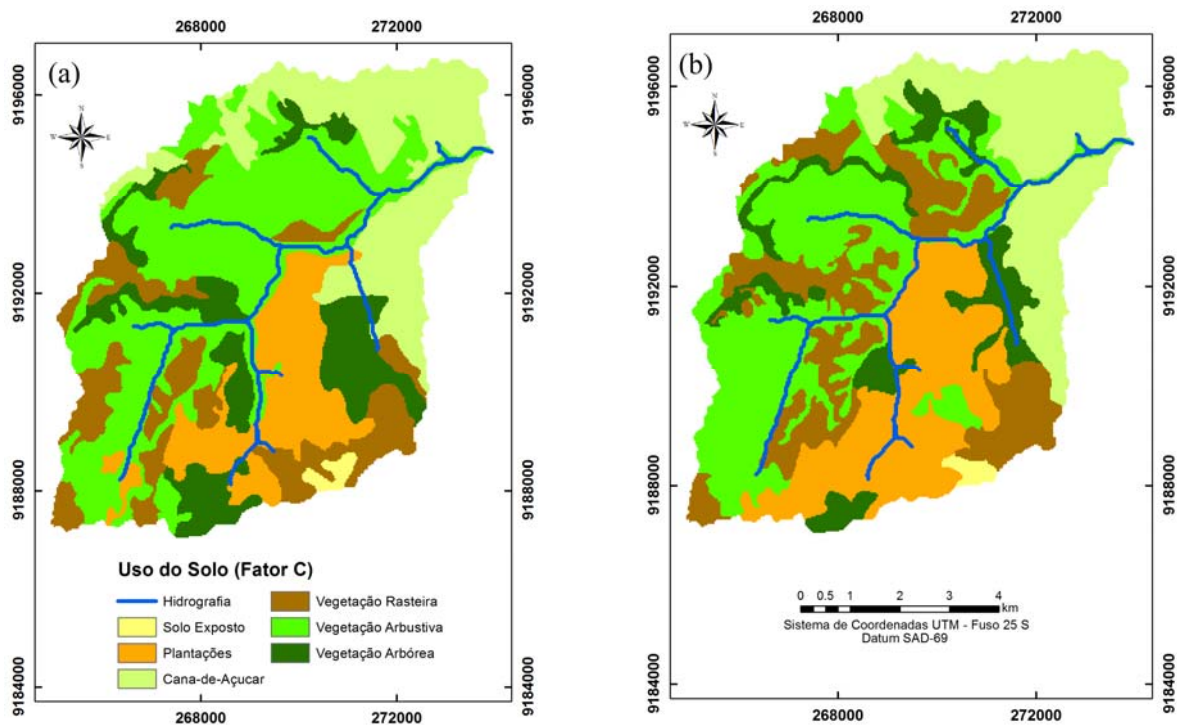


Figura 2 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo na bacia do Rio Mamuaba para os anos de (a) 1969 e (b) 2001.

Em seguida, as imagens foram georreferenciadas em ambiente SIG. Posteriormente foi realizada a composição colorida das bandas 1(R), 2(G) e 3(B), observando aquela composição colorida que mais facilitasse a identificação dos objetos na imagem para análise espacial.

Dispondo desta base de dados, foi possível fazer uma análise inicial e a vetorização das possíveis classes temáticas do uso e ocupação do solo existentes na bacia do Rio Mamuaba, viabilizando a avaliação das características da bacia hidrográfica e o mapeamento que serviu de base para aplicação da USLE.

Para o cálculo da perda de solo, adotou-se os seguintes valores do fator CP: (a) Cana-de-açúcar = 0,018, (b) Plantações = 0,024, (c) Solo exposto = 1, (d) Vegetação arbórea = 0,0004, (e)

Vegetação arbustiva = 0,0015, (f) Vegetação rasteira = 0,01, obtidos na literatura de acordo com o uso e ocupação do solo da bacia do Rio Mamuaba. Para as classes temáticas denominadas Plantações, Vegetação rasteira e Cana-de-açúcar, os valores do fator C foram estimados com base no trabalho de Silva *et al.* (2012). Para a classe Solo exposto o fator C foi extraído do trabalho de Silva *et al.* (2010) e para as classes Vegetação arbustiva e arbórea os valores de C foram obtidos do estudo realizado por Silva *et al.* (2007). Já para o fator P, foi utilizado a metodologia sugerida por Gurgel *et al.* (2011), que recomenda quando o enfoque do trabalho é a perda de solo por erosão, os fatores C e P sejam utilizados conjuntamente, ou seja, como um único fator.

Determinação do aporte de sedimentos pela SDR

O valor de SDR (*Sediment Delivery Ratio*) estima a taxa de transferência de sedimentos que passa pelo exutório da bacia, usando algumas características da bacia, tais como: a distância que percorre o fluxo entre a área fonte e a saída da bacia; forma da encosta; porcentagem da cobertura vegetal no caminho percorrido pelo fluxo entre a fonte do sedimento e a saída da bacia; e textura do material. O SDR foi calculado pela método de Maner (Eq. 3) e o resultado foi utilizado para o cálculo da estimativa do aporte de sedimentos na bacia em estudo segundo o Forest Service (Eq. 4).

$$\log(\text{SDR}) = 2,943 - 0,824 \log\left(\frac{L_m}{F_r}\right) \quad (3)$$

no qual L_m é o maior comprimento na bacia, paralelo ao rio principal (m) e F_r o desnível entre a cota média do divisor e a cota do exutório.

$$Y = (\text{SDR} \times A) / A_b \quad (4)$$

sendo Y o aporte de sedimentos estimados (t/km²), SDR a taxa de transferência de sedimentos, adimensional, A a perda de solo pela USLE e A_b a área da bacia.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o fator topográfico (LS) constatou-se uma variação de 0 a 13, onde a maior parte da bacia possui índices que variam de 0 a 3, já nas áreas próximas às margens dos cursos de água, localiza-se os pontos de maior representatividade que são de 4–13%, principalmente na parte sudeste e noroeste da bacia, como pode ser visto na Figura 3. A Figura 4 apresenta a distribuição do fator de erosividade (R) para a bacia em estudo. Verifica-se que os resultados da erosividade variaram de 567 à 662 MJ.mm/ha/h/ano e que os maiores índices de erosividade causado pelas chuvas encontram-se na parte leste da bacia e no exutório, onde há maior influência das ações antrópicas, principalmente pelo cultivo de cana-de-açúcar. Já os menores índices encontram-se na parte oeste da bacia, área onde há predominância, sobretudo da vegetação arbustiva.

A partir das classes de interpretação para índices de erosividade utilizada por Costa e Silva (2012), o valor máximo da erosividade da bacia do Rio Mamuaba (662 MJ·mm/ha/h/ano) é considerado médio a forte, influenciando diretamente no aumento da degradação do solo da bacia, principalmente pela fragmentação das partículas do solo ocasionado pelas chuvas.

Com relação ao fator K de erodibilidade dos solos, primeiramente foram identificados a predominância de quatro tipos de solo: Espodossolo, Latossolo Vermelho, Argissolo amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo. A Tabela 1 mostra os valores utilizados para a espacialização deste fator, com base na literatura para cada tipo de solo existente na bacia, bem como o percentual de abrangência para cada tipo. Por meio da espacialização do fator K obteve-se o mapa de erodibilidade (Figura 1) com os valores deste parâmetro para cada tipo de solo.

Observa-se que os maiores valores de erodibilidade foram referentes aos solos: Argissolo Amarelo com fator de erodibilidade de 0,035 t·ha·h/ha/MJ/mm e o Espodossolo com 0,030 t·ha·h/ha/MJ/mm, com abrangência de 1,35% e 34,25%, respectivamente, da área total da bacia hidrográfica, sendo os solos da bacia mais susceptíveis a erosão. Nota-se ainda que o solo Argissolo Amarelo não sofreu grande influência na bacia, visto que abrange uma pequena área, diferentemente do Espodossolo que abrange uma área maior (21 km²). Os solos Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho apresentaram os menores valores de erodibilidade, e, conseqüentemente, menor susceptibilidade a processos erosivos na bacia.

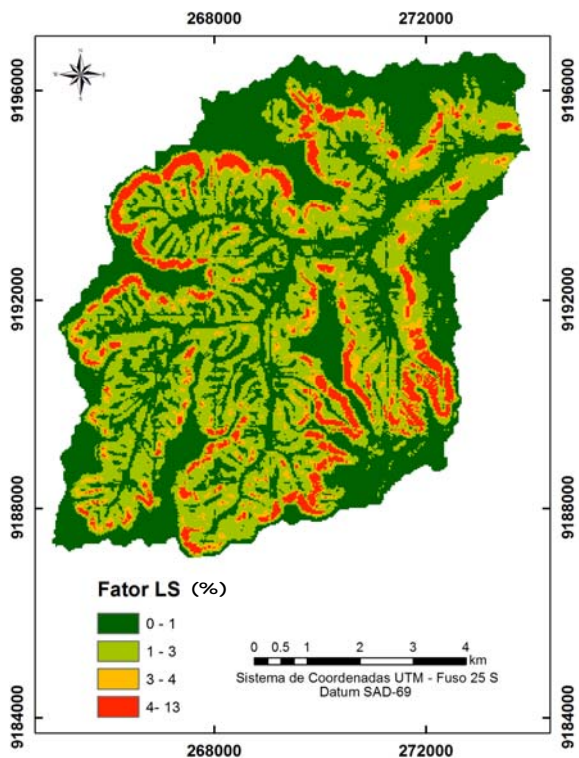


Figura 3 – Mapa do Fator Topográfico (LS) da bacia.

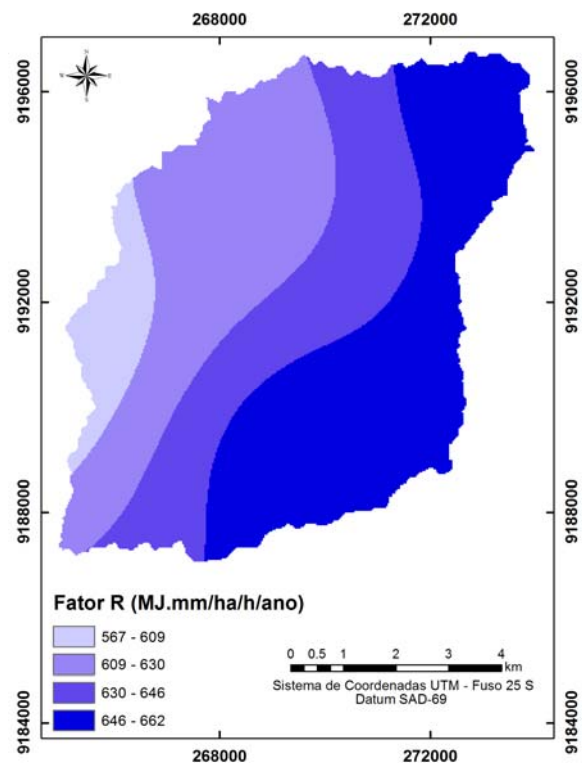


Figura 4 – Mapa de Erosividade das chuvas para a bacia.

Tabela 1 – Valores do fator K para os solos da bacia do Rio Mamuaba.

Tipos de Solo	Erodibilidade (t.ha.h/ha/MJ/mm)	Área (km ²)	(%)
Espodossolo	0,030 ⁽¹⁾	21,00	34,25
Argissolo Vermelho Amarelo	0,024 ⁽¹⁾	35,00	57,08
Argissolo Amarelo	0,035 ⁽²⁾	0,83	1,35
Latossolo Vermelho	0,014 ⁽²⁾	4,49	7,32

Fonte: ⁽¹⁾Mendonça (2005) e ⁽²⁾Farinasso (2006).

A Tabela 2 apresenta a evolução e o percentual de ocupação dos usos do solo na bacia Mamuaba, referente aos anos de 1989 e 2001. Pode-se observar que houve uma diminuição de aproximadamente 25% da área de Vegetação Arbórea e em paralelo um aumento significativo nas áreas de plantações, onde aumentou cerca de 43%, outra alteração que traz fortes conseqüências no que tange a perda de solo, foi o aumento da área de Solo Exposto, onde houve um aumento de 13%. Essas modificações na paisagem da bacia do Rio Mamuaba podem ser observadas na Figura 2. A Tabela 3 mostra o resultado da estimativa da perda de solo para os anos de 1989 e 2001, utilizando a USLE, com o nível médio de produção de sedimentos por tipo de solo.

Tabela 2 – Evolução do uso e ocupação do solo da bacia do Rio Mamuaba para os anos de 1989 e 2001

Classe	1989		2001	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Cana-de-açúcar	12,64	20,66	12,24	20,03
Vegetação arbustiva	21,89	35,73	16,51	31,21
Vegetação rasteira	9,39	15,31	13,66	22,37
Vegetação arbórea	8,51	13,84	6,30	10,23
Plantações	8,44	13,74	12,10	19,79
Solo exposto	0,45	0,72	0,51	0,68
TOTAL	61,32	100,0	61,32	100,0

Tabela 3 – Relação entre os tipos de solo e os níveis médios de perda de solo da bacia do Rio Mamuaba.

Tipos de Solo	Perda de solo (t/ha)	
	1989	2001
Argisolo Amarelo	0,081	0,049
Argisolo Vermelho amarelo	0,226	0,364
Espodosolo	0,604	0,669
Latosolo Vermelho	0,030	0,226

A Figura 5 mostra a espacialização das perdas na bacia do Rio Mamuaba. O nível médio de produção de sedimentos do solo tipo Espodosolo manteve-se como maior nível de perda de solo para os dois anos de estudo, indicando a forte influência deste tipo de solo nos processos erosivos da bacia em estudo. Tal resultado está relacionado com os fatores de erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, fator topográfico e fator CP. A estimativa de perda de solo para o presente estudo foi distribuída em seis classes que variaram de 0 a 85 t/ha/ano.

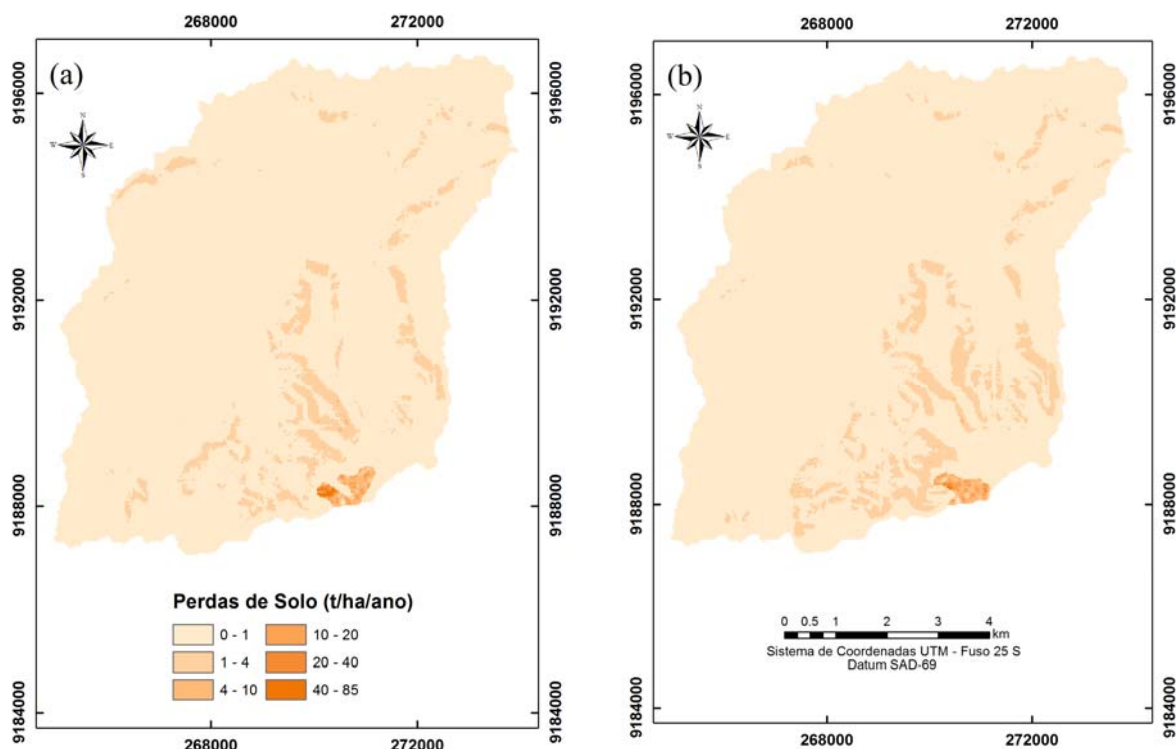


Figura 5 – Mapas das perdas de solo da bacia do Rio Mamuaba para o ano de (a) 1989 e (b) 2001.

Observa-se que as perdas de solo para a bacia do Rio Mamuaba ocorreram em grande maioria abaixo de 1 t/ha/ano, no qual segundo FAO (1980) valores menores que 10 t/ha/ano são classificados como baixo grau de erosão. Já as maiores perdas de solo, ou seja, de 40 a 85 t/ha/ano, se deram nas áreas com maiores índice LS, parte sudeste da bacia, onde predominam o solo do tipo Espodossolo e as classes temáticas Plantações, Vegetação rasteira e uma pequena área de solo exposto. Com relação à taxa de transferência de sedimentos SDR, o valor encontrado para a bacia foi de 1,187%, o que pode considerado aceitável para bacias de tamanho médio (até 100 km²), os valores do SDR variam de 0,25 a 25%. O aporte de sedimentos encontrado para a bacia do Rio Mamuaba é relativamente baixo, visto a baixa taxa do SDR. Foram encontrados os valores de 0,654 t/ha para o ano de 1989 e 0,697 t/ha para 2001, mostrando uma variação entre os anos analisados, em torno de 6%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado da estimativa de perda de solo para a bacia do Rio Mamuaba, primeiramente, permitiu identificar as alterações ocorridas no seu uso e ocupação do solo durante o período compreendido entre 1989 e 2001. Observou-se que a maioria das áreas em que predominam as atividades de cana de açúcar ocorre em extensões com baixas altitudes, pois são esses espaços mais susceptíveis às ações do homem, acarretando na diminuição da cobertura vegetal e no aumento de práticas agrícolas que influenciam no fator de perda de solo, cuja qualidade da água pode ser alterada tanto pela presença de sedimentos na bacia quanto pelo uso de agrotóxicos e nutrientes, o que pode dificultar o tratamento desta água que servirá para consumo humano, visto que a bacia do Rio Mamuaba contribui para o abastecimento de água da grande João Pessoa. De maneira geral, o estudo mostrou que a maior parte da bacia do Rio Mamuaba é formada por solos que apresentam média susceptibilidade às perdas de solo e ao aporte de sedimentos para ambos os anos analisados.

REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1999). Conservação dos solos. 4. ed. São Paulo: Ícone.
- COSTA, S.G.F.; SILVA, R.M. (2012). Potencial natural e antrópico de erosão na bacia experimental do Riacho Guaraíra. Cadernos do Logepa, v. 7, n. 1, p. 72-91.
- EMBRAPA (1999). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- FAO (1980). Metodologia provisional para evaluación de la degradación de los suelos. Roma: FAO/PNUMA: UNEP: UNESCO. 1980. 86 p.
- FARINASSO, M.; JÚNIOR, O. A. C.; GUIMARÃES, R.F. ; GOMES, R.A.T.; RAMOS, V.M. (2006). Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI/MA. *Revista Brasileira de Geomorfologia* - Ano 7, nº 2, pp.73-85.
- GURGEL, R.S.; JÚNIOR, O.A.C.; GOMES, R.A.T, GUIMARÃES, R.F.; CÂMARA, J.F.A.; SOBRINHO, D.A.; MARTINS, E.S.; BRAGA, A.R.S. (2011). Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – equação universal de perdas de solos no município de Riachão das Neves – BA, *Geografia Ensino e Pesquisa*, v.15, n.3.

MENDONÇA, I.F.C. (2005). Adequação do uso agrícola e estimativa da degradação ambiental das terras da microbacia hidrográfica do Riacho Una, Sapé-PB. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.

SILVA, R.M.; SILVA, L.P.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, C.A.G. (2010). Spatial analysis of vegetal cover and sediment yield in Tapacurá river catchment based on remote sensing and GIS. Warsaw University of Life Sciences - SGGW Annals. Land Reclamation, v. 42, p. 5-16.

SILVA, R.M.; MONTENEGRO, S.M.G.; SANTOS, C.A.G. (2012). Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: a case study of Tapacurá catchment. Natural Hazards 63(3), p. 576-592.

SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, L.P.; SILVA, J.F.C.B.C. (2007). Soil loss prediction in Guaraíra river experimental basin, Paraíba, Brazil based on two erosion simulation models. *Revista Ambiente e Água*, v. 2, n. 3, p. 19-33.

SOUZA, J.L.L.L.; GOMES, T.S.; DIAS, R.S.; SANTOS, R.L. (2011). A utilização da Geotecnologia enquanto ferramenta de análise da suscetibilidade à erosão do solo no semi-árido baiano. In *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, INPE, Mai. 2011, pp. 4303- 4310.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO R.A.M. (2010). Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.1, p. 55-64.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planting. Washington: USDA, 1965. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).