



# **IMPLICAÇÕES DAS ALTERAÇÕES NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS PERDAS DE SOLO DA BACIA DO RIO DE ONDAS, ESTADO DA BAHIA**

---

Pedro Henrique Bagnara Fistarol  
*Universidade Federal do Oeste da Bahia*

José Yure Gomes dos Santos  
*Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

## **Resumo**

O início da ocupação na região Oeste da Bahia para fins agrícolas ocorreu no final da década de 1970, o que acarretou uma intensa degradação da vegetação nativa de Cerrado ali existente. Dentre as bacias que passaram por esse processo intenso de alteração no seu uso e ocupação do solo destaca-se a bacia do Rio de Ondas, que é uma das principais sub-bacias do Rio Grande, que por sua vez é o último grande tributário da margem esquerda do Rio São Francisco. Diante dessa problemática, o presente trabalho tem como objetivo analisar as implicações das alterações no uso e ocupação do solo da bacia do Rio de Ondas na sua produção de sedimentos. Para tanto foi utilizada a USLE em ambiente SIG e analisadas as perdas de solo para os cenários de 1975 e 2015. Em que foi constatado que a bacia do Rio de Ondas passou por uma intensa alteração no seu uso e ocupação do solo nos últimos 40 anos, com a supressão de cerca de 47% de área de vegetação nativa, o que influenciou de maneira significativa no aumento da produção de sedimentos da bacia, tendo como fatores de maior influência o fator topográfico (LS) e o de uso e ocupação do solo (C). As perdas de solo na bacia do Rio de Ondas foram consideradas moderadas, para as condições atuais de uso e ocupação do solo, mas podem ser intensificadas com o aumento da substituição da vegetação nativa por áreas agrícolas.

**Palavras-chave:** Perdas de solo. Produção de sedimentos. USLE.

## **IMPLICATIONS OF LAND USE AND LAND COVER CHANGES IN SOIL LOSS IN THE RIO DE ONDAS RIVER BASIN, STATE OF BAHIA**

---

## **Abstract**

The beginning of occupation in the Western region of Bahia for agricultural purposes occurred in the late 1970, which resulted in an intense degradation of

the native Cerrado vegetation that existed there. Among the basins that have undergone this intense process of alteration in their use and occupation of land, the Rio de Ondas Basin stands out, which is one of the main sub-basins of Rio Grande, which in turn is the last major tributary of the left bank of the São Francisco River. In view of this problem, the present study aims to analyze the implications of changes in the use and occupation of soil in the Rio de Ondas Basin in sediment yield. For this purpose, USLE was used in a GIS environment and soil losses were analyzed for the 1975 and 2015 scenarios. In which it was found that the Rio de Ondas Basin has undergone an intense change in its use and land occupation in the last 40 years, with the suppression of about 47% of the area of native vegetation, which significantly influenced the increase in the sediment yield in the basin, with topographic factors (LS) and land use and occupation (C) as the most influential factors. The soil losses in the Rio de Ondas Basin were considered moderate, for the current conditions of use and occupation of the soil, but they can be intensified with the increase of the substitution of the native vegetation for agricultural areas.

**Keywords:** Soil loss. Sediment yield. USLE.

## INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é um dos problemas ambientais mais importantes em todo o mundo capaz de ocasionar sérios danos ambientais, como a redução da capacidade produtiva dos solos, assoreamento de rios e reservatórios e poluição das fontes de água (SANTOS et al., 2012). O assoreamento dos rios e reservatórios, por sua vez, favorecem a ocorrência de enchentes e redução da capacidade de armazenamento, respectivamente.

Os principais fatores que influenciam a erosão dos solos são a erosividade das chuvas, as propriedades físicas do solo, a cobertura vegetal e as características das encostas (GUERRA, 1998). De acordo com os estudos de Santos et al. (2000), Santos et al., (2009), Carvalho et al. (2009) e Santos et al. (2012), áreas que possuem uma cobertura do solo adequada apresentam menor potencial para a produção de sedimentos. Em contrapartida, áreas com coberturas do solo inadequadas apresentam elevados índices erosivos. Logo o monitoramento do uso e ocupação do solo, integrado a modelagem hidrossedimentológica, torna-se peça fundamental na análise dos processos de mudanças ambientais devido à degradação dos solos e da vegetação natural.

Esse monitoramento pode ser facilitado com a utilização de Geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informações Geográficas (SIG). Através do grande acervo de imagens de satélite disponíveis associadas ao processamento do SIG, os estudos das mudanças no uso e ocupação no uso e ocupação do solo se tornaram mais eficientes, permitindo uma melhor análise espacial e o cruzamento de informações, auxiliando na modelagem hidrossedimentológica (SILVA, 2010).

Os modelos hidrológicos e hidrossedimentológicos surgiram da necessidade de entender os processos erosivos, facilitando análises qualitativas e quantitativas de processos hidrológicos como precipitação, evaporação, infiltração e escoamento superficial. Tais modelos também possibilitam a avaliação das consequências geradas pela modificação no uso e ocupação do solo, vazões decorrentes de determinadas chuvas intensas, o impacto da urbanização na bacia, etc. (SANTOS, 2009).

Dentre os modelos hidrossedimentológicos amplamente utilizados para analisar a erosão dos solos, destaca-se a Equação Universal da Perda de Solo (USLE), que leva em consideração na sua análise fatores como a erosividade da chuva, erodibilidade do solo, topografia, uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas.

O uso de modelos hidrossedimentológicos em escala de bacia hidrográfica, como a aplicação da USLE, vem crescendo. Estudos realizados por Irvem et al. (2007), Silva et al. (2008), Beskow et al. (2009), Lopes et al. (2011), Costa e Silva (2012), e Cabral et al. (2014) mostram a aplicabilidade da USLE em diversas bacias, de diferentes tamanhos e características, com a apresentação de bons resultados, o que possibilita a sua aplicabilidade em bacias como a do Rio de Ondas, que situa-se na região Oeste do Estado da Bahia, e tem experimentado nos últimos anos uma intensa alteração no seu uso e ocupação do solo em decorrência da expansão agrícola na região.

A bacia do Rio de Ondas é ainda uma das principais sub-bacias do Rio Grande, que por sua vez é o último grande tributário da margem esquerda do Rio São Francisco, constituindo assim uma das suas principais sub-bacias. Desta forma, os impactos causados na bacia do Rio de Ondas refletem-se no Rio Grande e, por consequência, no Rio São Francisco.

Desta forma, o presente trabalho apresenta uma análise das implicações das alterações no uso e ocupação do solo da bacia do Rio de Ondas na sua produção de sedimentos. Para tanto utiliza a USLE em ambiente SIG e analisa as perdas de solo para a bacia do Rio de Ondas para os cenários de 1975 e 2015, respectivos passado e condições atuais de uso e ocupação.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

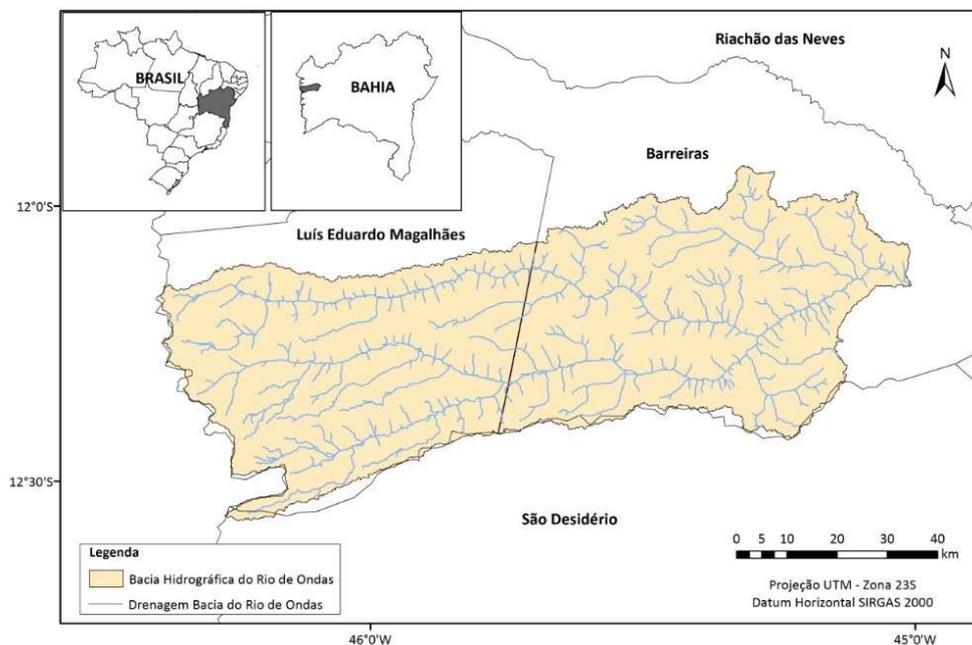
### **Caracterização da área de estudo**

A bacia do Rio de Ondas localiza-se na região extremo oeste do Estado da Bahia (Figura 1), entre as coordenadas de 11°55' e 12°34' de latitude sul e 46°23' e 45°0' de longitude oeste e possui área de drenagem aproximada de 5.524 km<sup>2</sup>.

O Rio de Ondas é um afluente do Rio Grande, que por sua vez é afluente do Rio São Francisco. O Rio de Ondas, principal rio da bacia que leva seu nome, nasce na divisa do Estado de Goiás na Serra Geral, percorrendo uma extensão de 175 km.

A bacia se caracteriza pela presença de um relevo composto por dois tipos de planaltos, o Chapadão do Urucuia que consiste em áreas planas com declividade

de 0 a 3% compreendendo grande parte da bacia e Planaltos em Patamares escarpado e montanhoso, caracterizando um relevo forte ondulado com declividade de 20 a 75%, presente na porção leste da bacia próximo a confluência com o Rio Grande.



**Figura 1.** Localização da bacia do Rio de Ondas.

Os municípios contidos nessa bacia são Barreiras e Luís Eduardo Magalhães, importantes polos agropecuários da região. O município de Barreiras possui uma população de 137.427 habitantes e o município de Luís Eduardo Magalhães 60.105 (IBGE, 2010). O município de Barreiras, além de ser um importante polo agropecuário, é o principal centro urbano, político, educacional, tecnológico, econômico, turístico e cultural da região Oeste da Bahia.

### **Alterações no uso e ocupação do solo**

Para a determinação das alterações no uso e ocupação do solo da bacia foi realizada a classificação supervisionada de imagens dos anos de 1975 e 2015, possibilitando a análise da distribuição espacial dos diferentes usos e ocupação do solo para duas épocas distintas, compondo assim os cenários: (i) passado e (ii) condições atuais. Foi utilizada na classificação o classificador *Support Vector Machine* (SVM) do ENVI 4.6.1.

As quatro imagens utilizadas para caracterizar as classes de uso e ocupação do solo foram obtidas pelos sistemas Landsat 1 e 8. Duas pelo Landsat 1, com data de 10/05/1975 e orbita/ponto 236/68-69, e duas pelo Landsat 8, com data de 29/08/2015 e orbita/ponto 220/68-69.

Para a classificação supervisionada da imagem de 1975, utilizando o SVM, inicialmente foi possível à identificação das classes de Cerrado, veredas e queimadas. Outras classes poderiam existir na bacia, como pequenas áreas de agricultura ou ainda áreas urbanas, porém, pelo fato de a imagem ser de meados dos anos 1970 e possui resolução espacial de 80 m, não foi possível identificar essas possíveis ocorrências, que caso existissem, ocupavam pequenas áreas que pelas limitações do sensor não foram identificadas. Já para a imagem de 2015 foram identificadas sete classes: agricultura irrigada, agricultura de sequeiro, água, área urbana, cerrado, queimada e vereda.

### Estimativa das perdas de solo

As perdas de solo na bacia do Rio de Ondas foram estimadas a partir da utilização da USLE, desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978). A USLE vem sendo utilizada de forma conjunta ao SIG, com objetivo de estimar a distribuição espacial das perdas de solo em uma bacia de forma rápida e eficaz e é expressa pela Equação 1:

$$A = R.K.LS.C.P \quad (1)$$

sendo  $A$  é a perda de solo por unidade de área no tempo ( $t.\text{ano}^{-1}$ );  $R$  é a erosividade da chuva ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{hr}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ );  $K$  é o fator de erodibilidade do solo, ( $t.h.ha.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ );  $LS$  é o fator topográfico;  $C$  é o fator uso e ocupação do solo; e  $P$  é o fator de práticas conservacionistas no uso do solo.

Para análise qualitativa das estimativas de perdas de solo da bacia do Rio de Ondas foi utilizada a classificação proposta por Irvem *et al.* (2007) e Carvalho (2008), que definem cinco classes para análise de perda de solo em bacias hidrográficas, conforme apresenta a Tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação das perdas de solo utilizada neste estudo.

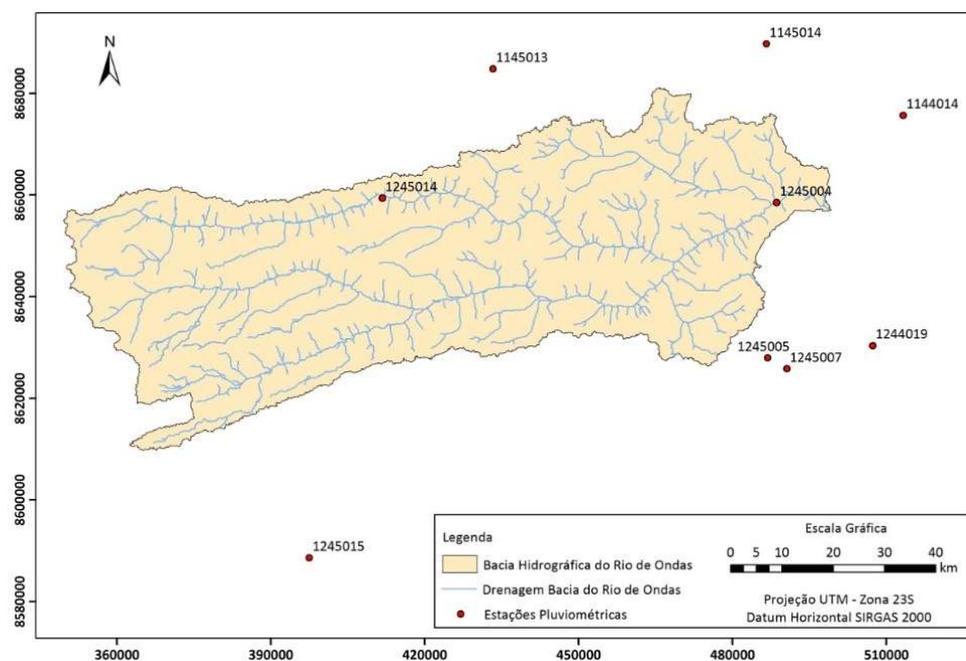
Perda de solo ( $t.ha^{-1}.\text{ano}^{-1}$ )	Classificação
< 10	Nula ou pequena
10 a 50	Moderada
50 a 100	Forte
100 a 200	Muito forte
> 200	Extremamente forte

### Fator R

O fator  $R$  estima a erosividade da chuva e foi obtido a partir de dados observados de precipitação de nove estações pluviométricas, descritas na Tabela 2, cuja localização é apresentada na Figura 2. Os dados correspondem ao período de 1978 a 2013 e as falhas encontradas foram preenchidas com base no método da Ponderação Regional (TUCCI, 1997).

**Tabela 2.** Descrição das estações pluviométricas utilizadas.

Código	Posto	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1144014	São Sebastião	Angical	-11° 58' 46"	-44° 52' 38"	447
1145013	Ponte Serafim	Barreiras	-11° 53' 46"	-45° 36' 43"	713
1145014	Nova Vida	Barreiras	-11° 51' 09"	-45° 7' 20"	458
1244019	Fazenda Coqueiro	São Desidério	-12° 23' 21"	-44° 55' 56"	502
1245004	Fazenda Redenção	Barreiras	-12° 8' 05"	-45° 06' 15"	490
1245005	Derocal	São Desidério	-12° 24' 41"	-45° 07' 13"	502
1245007	Sítio Grande	São Desidério	-12° 25' 50"	-45° 5' 09"	512
1245014	Fazenda Johá	Barreiras	-12° 07' 32"	-45° 48' 39"	725
1245015	Roda Velha	São Desidério	-12° 45' 55"	-45° 56' 38"	761

**Figura 2.** Distribuição espacial das estações pluviométricas.

Para o cálculo do fator  $R$  foi utilizada a Equação 2, proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1985):

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

em que,  $R$  é a erosividade da chuva ( $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ );  $P_m$  é a precipitação média mensal (mm); e  $P_a$  é a precipitação total anual (mm).

Após obtidos os valores do fator  $R$ , para cada posto pluviométrico, foi realizada uma interpolação pelo método de Ponderação do Inverso da Distância (IDW) para estimar a variabilidade espacial do fator  $R$  para a bacia do Rio de Ondas.

### Fator K

O fator  $K$  representa a facilidade com que o solo tem de ser erodido. Embora as perdas de solo sejam influenciadas pelas características da chuva e do terreno, os diferentes tipos de solos apresentam características únicas que decorrem do seu processo de formação proporcionando uma maior ou menor facilidade de infiltração e no desprendimento de partículas (GOMES, 2012). Para a determinação dessa variável, Williams (1975) propôs uma equação geral, que considera as frações de areia grossa, argila, silte, carbono orgânico e areia fina, presentes no solo. A equação proposta por Williams (1975) é a seguinte:

$$K = f_{areia\ g} \cdot f_{ar-} \cdot f_{Corg} \cdot f_{areia\ f} \quad (3)$$

onde,  $f_{areia\ g}$  é a fração de areia grossa contida na amostra de solo;  $f_{ar-}$  é a fração de solo que contem argila e silte;  $f_{Corg}$  é a estimativa da contribuição de carbono orgânico; e  $f_{areia\ f}$  é a fração de areia fina contida na amostra de solo. Ambos os fatores são adimensionais.

Cada fator dessa equação é calculado separadamente através das seguintes equações:

$$f_{areia\ g} = \left\{ 0,2 + 0,3 e^{\left[ -0,256 \cdot m_a \cdot \left( 1 - \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right\} \quad (4)$$

$$f_{ar-} = \left( \frac{m_s}{m_s + m_{arg}} \right)^{0,3} \quad (5)$$

$$f_{Corg} = 1 - \frac{0,25 \cdot Corg}{Corg + e^{(3,72 - 0,95 \cdot Corg)}} \quad (6)$$

$$f_{areia\ f} = 1 - \frac{0,7 \cdot \left( 1 - \frac{m_a}{100} \right)}{\left( 1 - \frac{m_a}{100} \right) + e^{\left[ -5,51 + 22,9 \cdot \left( 1 - \frac{m_a}{100} \right) \right]}} \quad (7)$$

sendo  $m_a$  é a fração de areia da amostra de solo que representa granulometria de 0,05 – 2 mm;  $m_s$  é a fração de silte da amostra de solo que representa granulometria de 0,002 – 0,05 mm;  $m_{arg}$  é a fração de argila da amostra de solo que representa granulometria menor que 0,002 mm; e  $Corg$  é o percentual de carbono orgânico no solo.

Após determinado os valores do fator  $K$  através da Equação 3, cada valor foi associado, em ambiente SIG, a sua respectiva classe de solo presente no mapa. O mapa de solos da bacia do Rio de Ondas adotado foi o produzido pela EMBRAPA na escala de 1:5.000.000. As informações sobre os solos (fração de areia, silte,

argila e carbono orgânico), necessárias para a aplicação das equações descritas anteriormente, foram obtidas no Sistema de Informações de Solos Brasileiros da EMBRAPA.

### Fator LS

O fator *LS* foi obtido a partir do processamento do Modelo Digital de Elevação (MDE) de 30 m de resolução espacial, oriundo da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), e disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2016), considerando a adoção da Equação 8, proposta por Moore e Bruch (1986).

$$LS = \left( \frac{V \cdot \Delta}{22,13} \right)^{0,4} \cdot \left( \frac{\sin \theta}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (8)$$

onde *V* é o fluxo acumulado de cada célula;  $\Delta$  é o tamanho de cada célula da imagem em metros;  $\theta$  é o ângulo da declividade em graus.

Para otimizar o cálculo do fator *LS* foi utilizada a extensão *ArcMUSLE* para o *Arcgis* 9.3, disponibilizada por Zhang (2016), que realiza o cálculo de forma automatizada dessa variável a partir da Equação 8.

### Fator C

As classes de uso e ocupação do solo adquiridas através da metodologia descrita anteriormente (item de alterações no uso e ocupação do solo) foram relacionadas aos valores do fator *C*, correspondentes a cada classe de uso do solo. Os valores do fator *C* adotados foram obtidos na literatura e são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Classes de uso e ocupação do solo e seus respectivos valores do fator C.

Classes de uso do solo	Fator C	Fonte
Agricultura de Sequeiro	0,2	Paranhas Filho et al. (2003)
Agricultura Irrigada	0,018	Farinasso et al. (2006)
Água	0	Farinasso et al. (2006)
Área Urbana	0,001	Farinasso et al. (2006)
Cerrado	0,0007	Paranhas Filho et al. (2003)
Queimadas	0,01	Paranhas Filho et al. (2003)
Veredas	0,012	Farinasso et al. (2006)

### Fator P

O fator *P* (práticas conservacionistas) corresponde à aplicação de práticas que visam diminuir a perda de solo em áreas ocupadas. A agricultura normalmente utiliza práticas de plantio em contorno seguindo as linhas do relevo, utilização de curvas de nível as quais diminuem o escoamento superficial e aumentam a infiltração.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1985), para áreas com algum tipo de práticas conservacionistas é adotado o valor de 0,5, e para áreas que não

apresentem tais práticas conservacionistas, e proporcionam a erosão sem obstáculos, o fator tem valor igual a 1, inclusive nas áreas com vegetação natural. Desta forma, devido à inexistência de informações sobre a existência de práticas conservacionistas na área de estudo, foi adotado o valor de 1 para toda área de estudo, conforme também adotado por Farinasso et al. (2006), Irvem et al. (2007) e Silva et al. (2012).

### Estimativa da produção de sedimentos

A USLE não representa os processos de retenção difusa dos sedimentos em uma bacia, associando-se seu valor assim ao da erosão bruta. Essa deficiência é minimizada pela introdução do conceito de *Sediment Delivery Ratio* (SDR), que permite uma maior confiabilidade a USLE na previsão dos processos sedimentológicos.

Na aplicação da SDR em bacias, leva-se em consideração o conceito de taxa de condução de sedimentos, que é definida pela relação entre a produção de sedimentos e sua erosão bruta (SILVA, 2010). A produção de sedimentos caracterizada pelos sedimentos que chegam à seção de referência da bacia por unidade de área e por unidade de tempo. SDR estima a taxa de transferência de sedimentos que passa pelo exutório da bacia, a partir de algumas características da bacia. SDR significa a porcentagem de erosão bruta que passará pela seção de controle da bacia. A diferença entre o que passou e a erosão bruta correspondem ao material erodido que ficou depositado. Existem diversas equações para o cálculo da SDR em bacias hidrográficas. A utilizada no presente estudo foi a Equação 9 proposta por Maner (1958) e utilizada com bons resultados por Araújo (2003) e Silva (2010).

$$\log(SDR) = 2,943 - 0,824 \times \log\left(\frac{L_m}{F_r}\right) \quad (9)$$

sendo *SDR* a taxa de transferência de sedimentos,  $L_m$  o maior comprimento da bacia, paralelo ao rio principal (m) e  $F_r$  o desnível entre a cota média do divisor e a cota do exutório (m).

Considerando as perdas de solo da USLE e o índice SDR, foi possível estimar a produção de sedimentos da bacia através das Equações 10 e 11.

$$SDR = \left(\frac{TS}{MSL}\right) \quad (10)$$

$$TS = SDR \times MSL \quad (11)$$

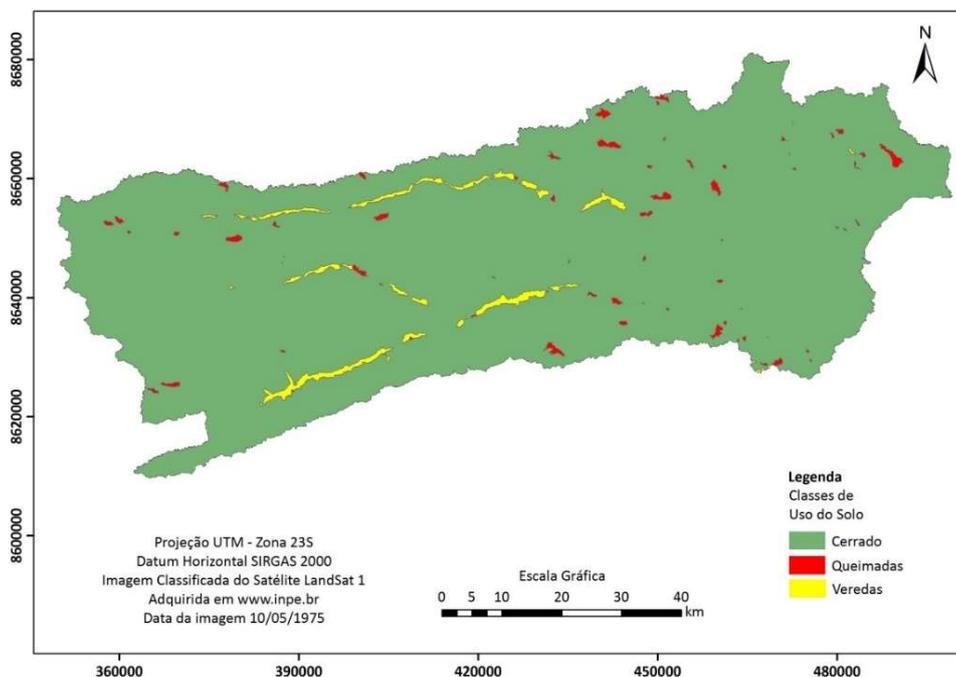
onde *SDR* a taxa de transferência de sedimentos, adimensional, *TS* é a quantidade de sedimentos que chega à seção de referência da bacia ( $t. ha^{-1}.ano^{-1}$ ), *MSL* perda de solo estimada na bacia ( $t. ha^{-1}.ano^{-1}$  EUPS).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Alterações ocorridas no uso e ocupação do solo da bacia do Rio de Ondas

A bacia do Rio de Ondas está inserida em uma área do bioma Cerrado e conforme a classificação das imagens de satélite (Figura 3), pode-se constatar que no ano de

1975 havia um elevado grau de preservação desse bioma, com o predomínio da vegetação de Cerrado em toda a bacia (97,58% da área total da bacia), já que o início da ocupação na região Oeste da Bahia para fins de atividades agrícolas ocorreu no final da década de 1970 (BRANDÃO, 2010), não havendo ainda nenhuma modificação significativa no cenário da região.



**Figura 3.** Uso e ocupação do solo da bacia do Rio de Ondas para o ano de 1975.

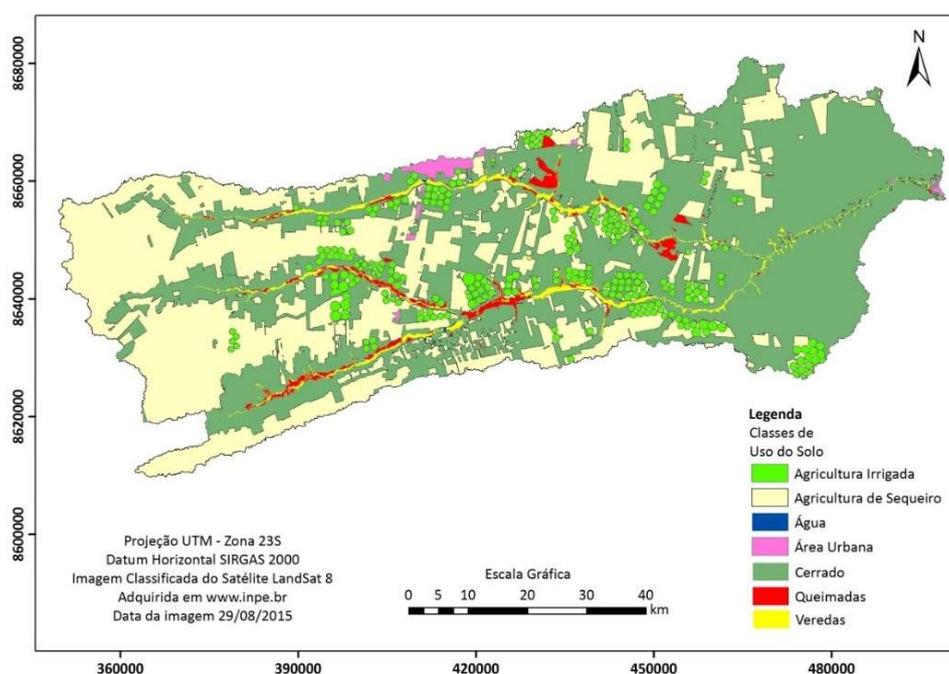
Foram identificadas ainda áreas de veredas e queimadas, que ocorrem na maioria das vezes em áreas de vegetação de cerrado, já que trata-se de uma característica desse tipo de vegetação. Desta forma, pode-se considerar que na década de 1970 havia o predomínio de vegetação nativa em praticamente toda a bacia (Figura 3).

Já na Figura 4, que apresenta o cenário para as condições atuais de uso e ocupação do solo, temos um panorama totalmente diferente, com a constatação de uma intensa alteração no uso e ocupação do solo da bacia do Rio de Ondas em decorrência da expansão agrícola na região Oeste da Bahia, que teve o seu desenvolvimento a partir da década de 1980 (BRANDÃO, 2010), decorrente de incentivos governamentais e características físico-climáticas (extensas áreas planas e com índices pluviométricos elevados) existentes que favorecem o cultivo de grãos (culturas como soja, milho e algodão) de forma mecanizada.

Pode-se observar, com base na análise da Figura 4 e dados apresentados na Tabela 4, que as classes cerrado e veredas, que representam a porção de vegetação nativa ainda existente na bacia, correspondem ainda a 52% da cobertura total da área. Considerando as classes de agricultura, observa-se uma ocupação de 45% da área total, sendo que há predominância da agricultura de

sequeiro, que representa mais de 88% das áreas de cultivo. Ainda com base na Tabela 4 podemos observar que a classe água representa uma porcentagem pouco significativa de área. Isso é decorrente da não existência de grandes reservatórios na área da bacia do Rio de Ondas. Essa não existência de reservatórios se deve à perenidade e vazão dos rios, que permitem a captação a fio d'água, tanto para consumo humano e dessedentação animal quanto para irrigação de grandes áreas.

A classe área urbana também representou pouca significância de área dentro da bacia do Rio de Ondas, já que trata-se de uma bacia com grande extensão de área e tipicamente agrícola, que apresenta com maior destaque de áreas urbanas apenas pequenas partes dos municípios de Barreiras e Luís Eduardo. A maior parte da zona urbana dessas duas importantes cidades da região Oeste da Bahia estão contidas em outras bacias da região.



**Figura 4.** Uso e ocupação do solo da bacia do Rio de Ondas para o ano de 2015.

**Tabela 4.** Área de cada classe de uso do solo presente na bacia do Rio de Ondas.

Uso e Ocupação do solo	Ano de 1975		Ano de 2015		Diferença por classe
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	
Agricultura Irrigada	-	-	298,36	5,40	+100%
Agricultura Sequeiro	-	-	2221,86	40,23	+100%
Água	-	-	0,96	0,02	+100%
Área Urbana	-	-	38,38	0,69	+100%
Cerrado	5385,15	97,58	2784,87	50,43	-48%
Queimada	45,66	0,83	81,87	1,48	+79%
Vereda	87,7	1,59	96,48	1,75	+10%

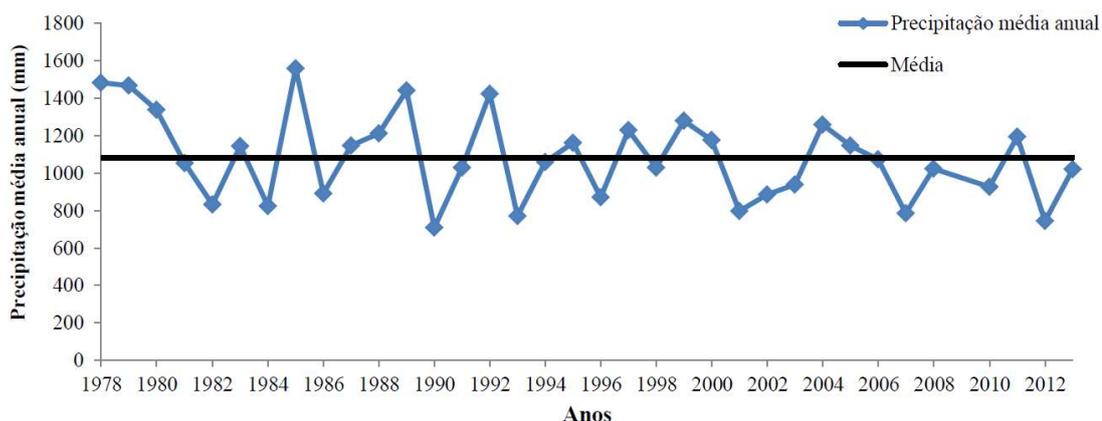
As áreas de queimadas tiveram um aumento de 79% entre os dois cenários analisados, o que decorre também das alterações realizadas no meio, como queimadas para a limpeza de área que acabam fugindo do controle e devastando áreas de vegetação nativa, incêndios que se iniciam na beira das estradas e se alastram pela vegetação nativa em decorrência de materiais que são lançados pelos automóveis, dentre questões ambientais naturais que oscilam e que fazem com que em determinados anos você tenha mais queimadas naturais do que em outros, o que não foi analisado nesse estudo em específico.

Nas imagens de 1975 não foi possível identificar, no processo de classificação adotado, as classes de água e zona urbana. No caso da classe de água em decorrência da baixa resolução espacial das Imagens do Landsat 1 (80 m) e no caso da zona urbana pela provável não existência mesmo de manchas urbanas com áreas consideráveis na bacia, já que só em 1982 foi instalado o posto de gasolina na rodovia 020 que deu origem ao povoado de Mimoso do Oeste (BRANDÃO, 2010), que posteriormente passou a ser a sede do município de Luís Eduardo Magalhães.

Desta forma o que se pode constatar é que a expansão agrícola foi quem causou um impacto mais intenso nas alterações do uso e ocupação do solo da bacia, representando um desmatamento de 48% da área de vegetação nativa existente num período de 40 anos.

### Erosividade da chuva (Fator R)

A média pluviométrica anual para a bacia do Rio de Ondas, no período analisado, é de 1.084 mm, com mínima de 707 e máxima de 1.442, conforme pode-se observar na Figura 5.

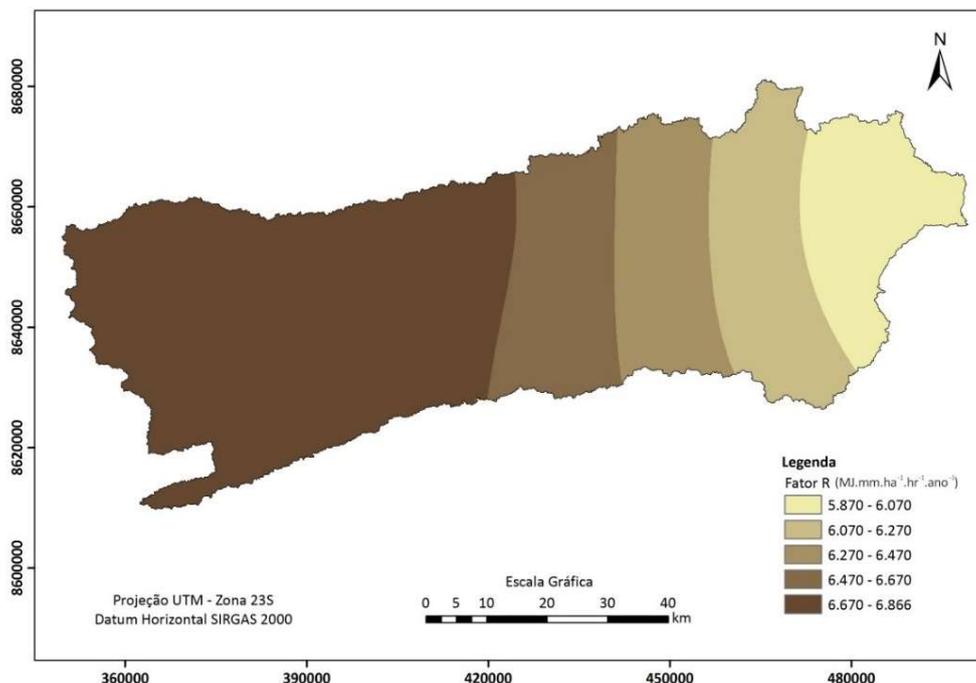


**Figura 5.** Evolução anual da precipitação média pluviométrica na bacia do Rio de Ondas.

Fonte: (NAKAMURA et al., 2015).

Já a erosividade da chuva (fator  $R$ ) variou de 5.870 a 6.866 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.hr<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para os postos pluviométricos analisados, sendo considerada muito forte segundo a classificação da Eletrobrás (1988), citada por Carvalho (2008), o que representa uma grande quantidade de transferência de energia cinética durante o impacto das gotas de chuva no solo, desagregando as partículas do solo de forma mais intensa.

Em relação a distribuição espacial da erosividade da chuva na bacia do Rio de Ondas (Figura 6), ela segue o mesmo comportamento da variabilidade pluviométrica da bacia e ocorre de forma mais intensa no sentido de leste para oeste, onde está concentrada a maior parte da área agrícola da bacia (Figura 4), o que torna essa parte da bacia mais susceptível a processos erosivos quando consideradas a associação desse parâmetro com os valores do fator  $C$  para áreas agrícolas (Tabela 3).



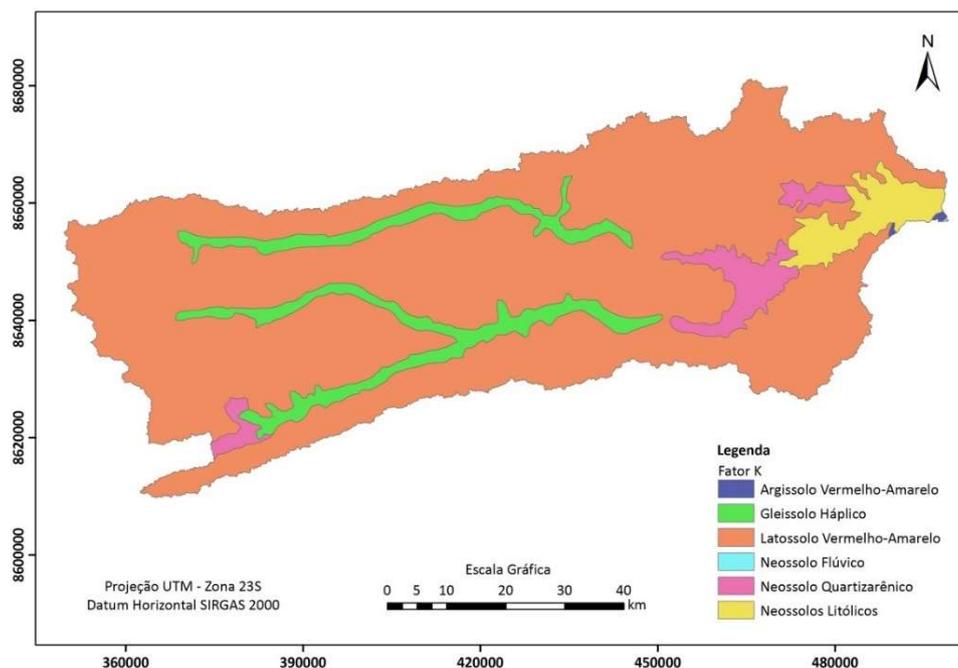
**Figura 6.** Fator  $R$  espacializado na bacia do Rio de Ondas.

Os valores do fator  $R$  identificados para a bacia do Rio de Ondas são compatíveis aos encontrados em outros estudos em bacias hidrográficas da região Oeste da Bahia, como os estudos de Nascimento e Santos (2018; 2019) e em outras bacias da região Nordeste, como os estudos de Lopes *et al.* (2011) e Silva *et al.* (2012).

#### **Erodibilidade do solo (Fator $K$ )**

O Latossolo Vermelho Amarelo predomina em toda a bacia do Rio de Ondas (presente em 84,5% da área da bacia), seguido pelos Gleissolos Hápicos (8% da

área da bacia) ao longo do leito dos rios, Neossolos Quartzarênicos e os Neossolos Litólicos na porção leste da bacia. Os Argissolos Vermelho Amarelo, Neossolo Flúvico e Quartzarênico ocorrem em áreas menores, localizadas em pontos específicos da bacia (Figura 7). Como pode-se observar na Tabela 5, os solos presentes na bacia possuem características granulométricas específicas, sendo mais arenosos, e em sua maioria, com baixo teor de carbono orgânico, o que pode resultar em uma maior infiltração das águas das chuvas.



**Figura 7.** Classes de Solos presentes na bacia do Rio de Ondas.

**Tabela 5.** Fator K e características granulométricas dos solos da bacia do Rio de Ondas.

Solos	Área (%)	Carbono org. (%)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Fator K
Argissolo Vermelho Amarelo - Eutrófico	0,1	10,75	32,0	23,5	44,5	0,12
Gleissolo Háptico	8,0	54,57	18,2	9,0	72,8	0,10
Latossolo Vermelho Amarelo - Distrófico	84,5	3,12	15,8	4,2	80,0	0,07
Neossolo Flúvico Tb Eutrófico	0,01	7,74	30,8	43,8	25,4	0,13
Neossolo Quartzarênico	4,0	9,07	4,0	3,0	93,0	0,05
Neossolo Litólico - Distrófico	3,5	10,40	29,5	23,5	47,0	0,12

Em relação ao fator  $K$  (Tabela 5), pode-se constatar que os Neossolos Flúvicos apresentam um valor do fator  $K$  mais elevado e o Neossolo Quartzarênico o menor. O Latossolo Vermelho Amarelo, que predomina em toda a bacia, apresentou um valor de  $K$  de 0,07, sendo superior apenas ao valor de  $K$  do Neossolo Quartzarênico, o que indica que esse fator não possui tanto impacto nas perdas de solo da bacia, já que o solo que recobre a maior parte da bacia apresenta uma menor vulnerabilidade a processos erosivos quando comparado a outros tipos de solo.

### Fator topográfico (LS)

Os valores do fator  $LS$  para a bacia do Rio de Ondas variaram de 0 a 17. A classe com maior significância de área foi a de 0 a 0,3; seguida das classes 0,3 a 1; 1 a 2,5; e 2,5 a 5 (Figura 8). O ponto mais crítico para o fator  $LS$ , que representa toda a área da classe que varia de 8,5 a 17, encontra-se na porção leste da bacia, onde as formações geográficas características ali existentes interferem diretamente neste fator. Essas características geográficas tratam-se das feições geomorfológicas dos Planaltos em Patamares, que causam um aumento brusco na declividade daquela área e conseqüentemente o aumento do Fator  $LS$ , tornando essa área assim mais susceptível a processos erosivos.

Outro fator importante a ser considerado é a baixa declividade da bacia na sua porção oeste, onde predomina o Chapadão do Urucuia, que possibilita a mecanização por parte da agricultura extensiva e reduz a susceptibilidade a processos erosivos relacionados ao fator  $LS$  em específico, já que em decorrência dessa baixa declividade ali incidente, os valores do fator  $LS$  também são baixos, variando de 0 a 0,3.

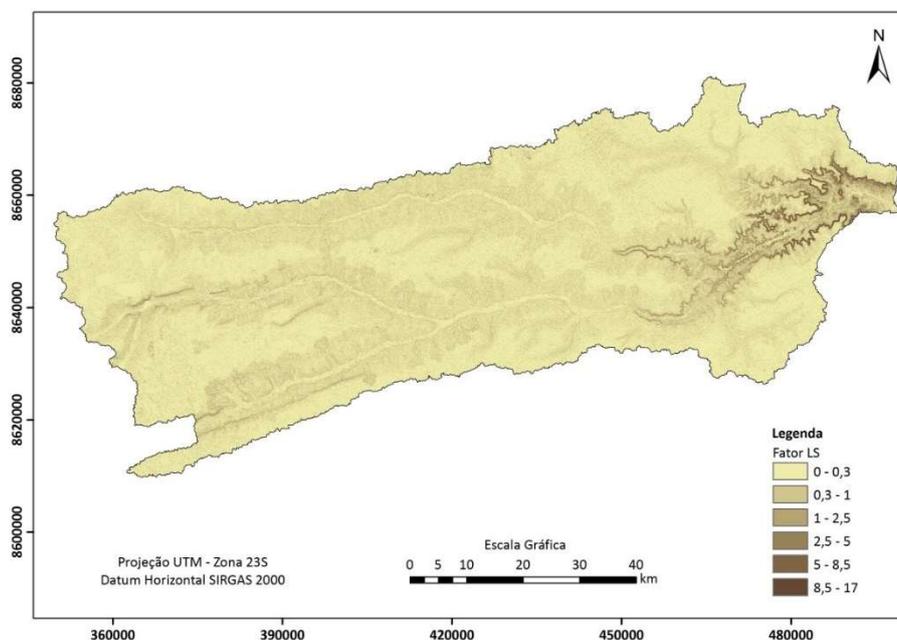


Figura 8. Fator  $LS$  para a bacia do Rio de Ondas.

### Análise das perdas de solo na bacia do Rio de Ondas

Analisando as perdas de solo na bacia do Rio de Ondas para o cenário de 1975 (passado), foram estimadas as perdas de solo que variaram de 0 a 100 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A área mais crítica para esse cenário se encontra a leste da bacia (Figura 9), em decorrência do relevo presente na região, onde os Planaltos em Patamares com declividade acentuada proporcionam uma diferença brusca na elevação, tornando esse um fator preponderante para o aumento da erosão no local.

A perda de solo média obtida através da USLE para a bacia com base na classificação do uso do solo feita para o ano de 1975 foi de 0,08 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, que pode ser classificada como nula ou pequena, de acordo com a classificação proposta por Irvem *et al.* (2007) e Carvalho (2008).

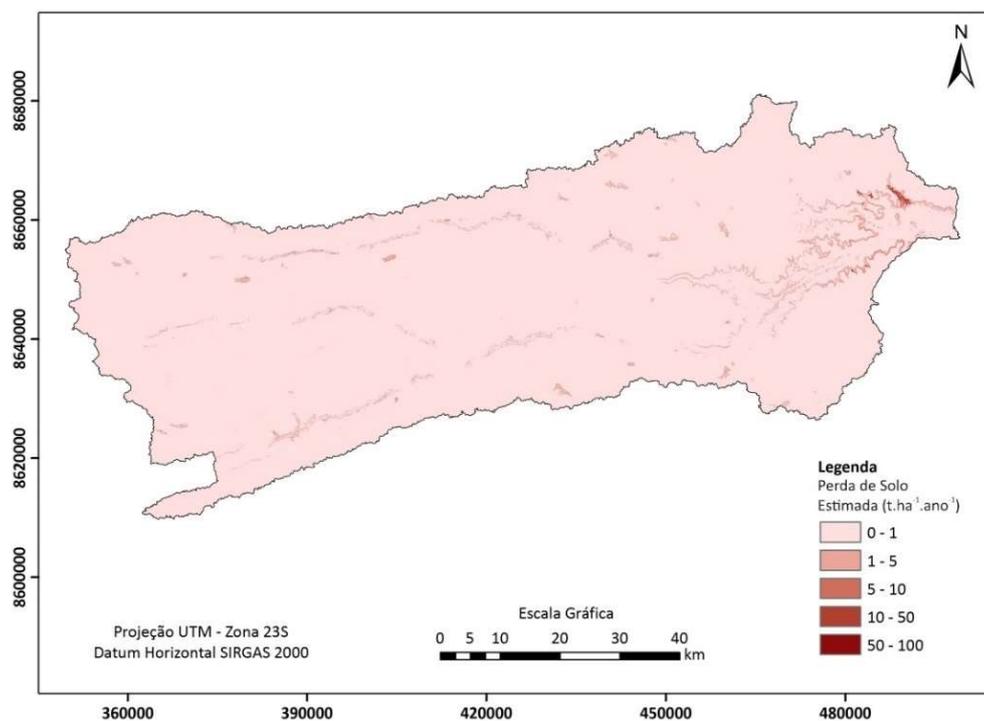


Figura 9. Estimativas de perdas de solo para o ano de 1975.

A distribuição estatística das perdas de solo por classe de uso e ocupação para o cenário de 1975 esta apresentada na Tabela 6, onde a predominância da classe cerrado, que representa a maior parte da vegetação nativa, evidencia a baixa perda de solo na bacia. A classe de queimadas, para esse cenário, foi a classe de uso e ocupação do solo que gerou uma maior perda de solo, já que a sua ocorrência acaba deixando o solo descoberto, susceptível a ação direta das gotas de chuva e ação acentuada do escoamento superficial.

**Tabela 6.** Distribuição da estatística das perdas de solo anual usando a EUPS para o cenário de 1975.

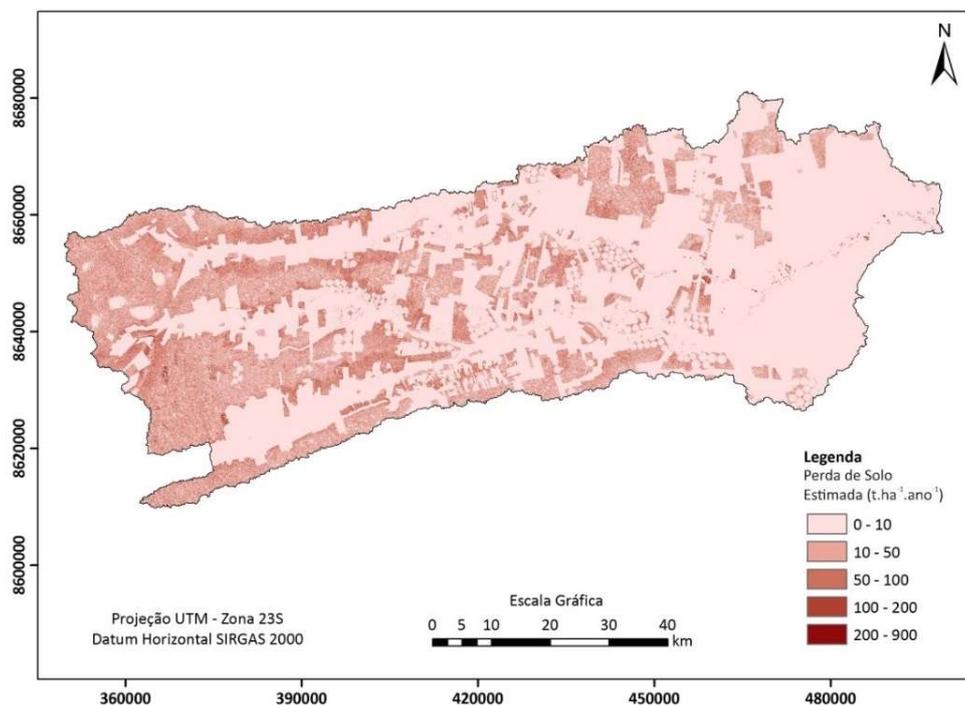
Uso de Solo	Área (km <sup>2</sup> )	(%)	Perdas de solo estimadas t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	
			Média	Desvio Padrão
Cerrado	5385,15	97,58	0,05	0,30
Queimadas	45,66	0,83	2,62	6,29
Veredas	87,70	1,59	0,82	1,17

Em relação ao cenário de 2015, que representa as condições atuais de uso e ocupação do solo da bacia, as perdas de solo estimadas para a bacia do Rio de Ondas variaram de 0 a 900 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com perda média estimada de 13,36 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, considerada moderada de acordo com a classificação proposta por Irvem *et al.* (2007) e Carvalho (2008). Como pode ser observado na Figura 10, a região oeste da bacia, onde se concentram a maior parte das áreas agrícolas, foi a região que apresentou maior susceptibilidade a perda de solo. Apesar de a perda ter sido moderada para a área total da bacia, 59,77% dessa área pode ser enquadrada na classe de perda de solo nula ou pequena (Tabela 1), com perdas menores que 10 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, evidenciando a grande contribuição de algumas classes para a atenuação das perdas de solo na região. As perdas de solo anuais variaram de 0 a 10 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em várias regiões distribuídas pela bacia, concentrando-se ao leste, em torno de 10 a 50 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>; 50 a 100 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e 100 a 200 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> estão bem distribuídas nas áreas agrícolas de toda a bacia. As perdas de solo acima de 900 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> podem ser observadas em algumas zonas críticas. As perdas de solo estimadas confirmam que as distribuições espaciais dos fatores topográfico (fator *LS*) e principalmente o uso e ocupação do solo (fator *C*), são os mais relevantes para a ocorrência dos processos erosivos na bacia.

A Tabela 7 apresenta a distribuição das perdas de solo para as diferentes classes de uso e ocupação do solo da Bacia de Rio de Ondas. O principal uso do solo existente na bacia é representado pelo cerrado, com mais de 50% da área total, porém o uso que mais influencia na perda de solo é a agricultura de sequeiro, que ocupa o segundo maior percentual de área, cerca de 40%. A perda de solo média para a agricultura de sequeiro foi estimada em 32,69 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Já as áreas ocupadas com vegetação de cerrado, apresentaram uma perda de solo média de 0,17 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, o que demonstra a eficiência da cobertura vegetal em atenuar os processos erosivos, assim como também observado nos estudos de Albuquerque *et al.* (2002), Lopes *et al.* (1987), Santos *et al.* (2015) e Farinasso *et al.* (2006).

A perda de solo por erosão pode ser classificada pelas diferentes classes de uso do solo, assim as áreas de agricultura irrigada, água, área urbana, cerrado, queimadas e veredas tiveram perdas mínimas podendo ser enquadradas como perda de solo nula ou pequena segundo a classificação proposta por Irvem *et al.* (2007) e Carvalho (2008). Já a classe agricultura de sequeiro apresentou a maior perda de solo, se enquadrando como moderada, elevando significativamente a média da perda de solo da bacia. O aumento da perda de solo em áreas agrícolas é evidenciado pelo trabalho realizado por Carvalho *et al.* (2014) que estimou a perda de solo para três diferentes cenários, obtendo valores de perda de solo de

moderado a muito forte para áreas com solo exposto e culturas de pastagem e milho.



**Figura 10.** Estimativa das perdas de solo para o ano de 2015.

**Tabela 7.** Distribuição da estatística das perdas de solo anual usando a EUPS na bacia do Rio de Ondas.

Uso de Solo	Área (km <sup>2</sup> )	(%)	Perdas de solo estimadas t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	
			Média	Desvio Padrão
Agricultura Irrigada	298,36	5,4	3,41	5,50
Agricultura Sequeiro	2221,86	40,23	32,69	30,76
Água	0,96	0,02	0,31	4,28
Área Urbana	38,38	0,69	0,16	3,49
Cerrado	2784,87	50,43	0,17	3,94
Queimadas	81,87	1,48	1,13	3,37
Veredas	96,48	1,75	1,28	4,86

Os resultados obtidos com a estimativa da perda de solo para a bacia do Rio de Ondas também podem ser comparados com estudos realizados por Irvem *et al.* (2007) com perda de solo média estimada de 16,38 t. ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, para a Bacia Hidrográfica do Rio Seyhan, na Turquia, com área aproximada de 21.000 km<sup>2</sup>; Lopes *et al.* (2011) com perdas de solo menores que 11 t. ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em mais de 74% da área de uma micro-bacia localizada no semiárido do Ceará; Costa e Silva

(2012), com perda de solo entra 0 e 5 t. ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em mais de 86% da área da Bacia Experimental do Riacho Guaraíra; e Silva *et al.* (2012) com perda de solo média estimada de 8,66 t. ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, para a bacia do Rio Tapacurá, situada na Zona da Mata em Pernambuco.

### Estimativas da produção de sedimentos de sedimentos da bacia do Rio de Ondas

A SDR apresentou valor baixo para a bacia do Rio de Ondas, de apenas 0,0256. Esse valor pode ser comparado ao encontrado por Beskow *et al.* (2009) de 0,016 para a bacia do Rio Grande; também com os valores encontrados por Irvem *et al.* (2007) de 0,06 para a bacia do Rio Seyhan na Turquia; e aos encontrados por Silva *et al.* (2012) de 0,115 para a bacia do Rio Tapacurá. Conforme Didoné (2013), de forma geral, quanto maior for à bacia hidrográfica, maior serão as chances de ocorrer deposição de sedimentos, tornando assim menor a taxa de transferência. Walling (1999) afirma que a SDR pode funcionar como um indicador, pois um baixo valor de SDR indica que a bacia possui bom sistema de retenção de sedimentos. Segundo Xavier *et al.* (2013), baixos valores de SDR resultam em baixos valores de produção de sedimentos e maior deposição do material erodido dentro da área da bacia. Com base na SDR de 0,0256 e nas perdas e solo, analisadas anteriormente, foi estimada a produção de sedimentos da bacia do Rio de Ondas para cada um dos cenários analisados, conforme apresentado na Tabela 8.

**Tabela 8.** Produção de sedimentos e perdas de solo para os cenários analisados.

Cenários	Perdas de solo médias (t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Produção de sedimentos (t.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
1975	0,08	0,002
2015	13,36	0,34

Para o ano de 1975 foi estimada uma produção de sedimentos de 0,002 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e para o ano de 2015, 0,34 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, o que significa um aumento maior que 170 vezes. Já que a produção de sedimentos de uma bacia aumenta conforme a estimativa da perda de solo aumenta (BESKOW *et al.* 2009). O que reflete a importância do incremento de práticas conservacionistas na bacia, assim como a preservação e expansão de áreas de vegetação nativa, como forma de atenuação dos processos erosivos.

### CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, é possível afirmar que:

- (i) A bacia do Rio de Ondas passou por uma intensa alteração no seu uso e ocupação do solo nos últimos 40 anos, com a supressão de cerca de 47% de área de vegetação nativa.

- (ii) As alterações no uso e ocupação do solo ocorridas na bacia do Rio de Ondas influenciaram de maneira significativa no aumento da produção de sedimentos da bacia.
- (iii) Os fatores que mais influenciam as perdas de solo na bacia do Rio de Ondas é o topográfico (*LS*) e o de uso e ocupação do solo (*C*).
- (iv) As perdas de solo na bacia do Rio de Ondas são consideradas moderadas, para as condições atuais de uso e ocupação do solo, mas podem ser intensificadas com o aumento da substituição da vegetação nativa por áreas agrícolas.
- (v) Para realizar a estimativa das perdas de solo da bacia do Rio de Ondas, a utilização do Sensoriamento Remoto e SIG foi de fundamental importância, auxiliando na aquisição de dados para o cálculo dos fatores da USLE, bem como na espacialização das informações obtidas sobre a área da bacia.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq, em parceria com a Universidade Federal do Oeste da Bahia, pela bolsa de iniciação científica do primeiro autor.

### REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. W.; NETO, F. L.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, n. 1, p. 136-141, 2002.
- ARAÚJO, J. C. Assoreamento em reservatórios do semiárido: Modelagem e validação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8(2), 39-56, 2003.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. Piracicaba, Livroceres, 1985. 392 p.
- BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURI, N.; VIOLA, M. R. Soil erosion prediction in the Grande River Basin. Brazil using distributed modelling. *Catena* 79 (1):49-59, 2009.
- BRANDÃO, P.R.B. A formação territorial do Oeste Baiano: a constituição do "Além São Francisco" (1827-1985). *Geotextos (Salvador)*, v. 6, p. 35-50, 2010.
- CABRAL, J. B. P.; LOPES, R. M.; BATISTA, D. F.; JESUS, D. B.; BARCELOS, A. A. Perspectivas de erosividade/intensidade pluviométrica na bacia do reservatório da uhe barra dos Coqueiros-GO. *Revista Geonorte*, 4, v. 10, n. 1, p. 424-428, 2014. Edição Especial.

CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S.; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(1): 3-9, 2009.

CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro: Editora Intercência, 2008. 599p.

CARVALHO, A. C. B.; RIBEIRO, C. B. M.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; SOBRINHO, F. S. Erosão Potencial Laminar Hídrica em um Latossolo Vermelho Amarelo sob Três Formas de Cultivo. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7, n. 1, p. 194-206, 2014.

COSTA, S. G. F.; SILVA, R. M. DA. Potencial Natural e Antrópico de erosão na bacia experimental do Riacho Guaraíra. *Cadernos do Logepa*, v. 7, n. 1, p. 72-91, jan./jun., 2012.

DIDONÉ, E. J. Erosão bruta e produção de sedimentos em bacia hidrográfica sob plantio direto no Planalto do Rio Grande do Sul. UFSM, Santa Maria, RS, 2013. Dissertação de Mestrado.

FARINASSO, M.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.C.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; RAMOS, V.M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão Laminar em grandes áreas por meio da Eups - Equação Universal de Perdas de Solo, utilizando novas metodologias em sig para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba-Pi-MA. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 7, n.2, p.73-85, 2006.

GOMES, L. L. Avaliação espacial da perda de solo por erosão pela Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) – Pilha Estéril Sul – Carajás/PA. 2012. Dissertação de mestrado, Universidade Federa de Ouro Preto, 192p.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, pp. 149-210, 1998.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 20 fev. 2016.

IRVEM, A.; TOPALOGLU, F.; UYGUR, V. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336(1), 30-37, 2007.

LOPES, P. R. C. COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, n1, p.71-75, jan./abr., 1987.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; TEIXEIRA, A. S.; CAITANO, R. F.; CHAVES, L. C. G. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Agro@mbiental On-line*, v. 5, n. 2, p. 88-96, mai/ago, 2011.

MANER, S.B. Factors affecting sediment delivery rates in the Red Hills physiographic area. *Transaction of American Geophysics*, n. 39, p. 669–675, 1958.

- MOORE, I. D.; BRUCH, G. Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Journal*, n. 50, p. 1294-1298, 1986.
- NAKAMURA, T. C.; FISTAROL, P. H. B.; BRANDOLFF, R. DE S.; SANTOS, J. Y. G. DOS. Análise da variabilidade espacial da precipitação na bacia do rio de Ondas, estado da Bahia. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, 2015.
- SANTOS, C. A. G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V. S. Influência do tipo de cobertura vegetal sobre a erosão no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4(1): 92-96, 2000.
- SANTOS, J. Y. G.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M. Perdas de água e solo utilizando chuva simulada em diferentes coberturas superficiais e condições de umidade no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 17(4): 217-228, 2012.
- SANTOS, J. Y. G.; SILVA, R. M.; CARVALHO NETO, J. G.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, A. M. Land cover and climate change effects on streamflow and sediment yield: a case study of Tapacurá River basin, Brazil. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, v. 371, p. 189-193, 2015.
- SANTOS, L. L. Modelos hidráulicos-hidrológicos: Conceitos e Aplicações. *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 2, n. 3, set-dez, 2009.
- SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; PEDROSA, E. M. R. Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semiárido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(3): 217-225, 2009.
- 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 dos Solos*, v. 32, p. 2125-2134, 2008.
- SILVA, R. M. Análise da perda de solos na bacia do Rio Tapacurá mediante previsão climática e modelos de erosão. 2010. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 133p.
- SILVA, R. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G. Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: a case study of Tapacurá catchment. *Nat Hazards*, 62:953-970, 2012.
- TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.
- WALLING, D. E. Linking land use, erosion and sediment yield in river basins. *Hydrobiologia*, 410, p. 223-240, 1999.
- WILLIAMS, J.R. Sediment routing for agricultural watersheds. *Journal of the American Water Resources Association*, 11: 965-974, 1975.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: Guide to conservation farming. *US Department of Agriculture Handbook*, n. 537. 58p, 1978.

XAVIER, A. P. C.; SILVA, A. M.; SILVA, R. M. Mudanças espaço-temporais da variabilidade da precipitação e perdas de solo na bacia do Rio Mamuaba, Brasil. *Cadernos do Logepa*, v.8, n. 1-2, p. 79-102, jan/dez, 2013.

ZHANG, Y. *ArcMUSLE*. Disponível em: <<http://www.faculty.sfasu.edu/zhangy2/download.htm>> Acesso em: 15/03/2016.

Contato com o autor: José Yure Gomes dos Santos <[joseyure@hotmail.com](mailto:joseyure@hotmail.com)>

Recebido em: 19/12/2019

Aprovado em: 07/04/2020