



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

VAGNER MAURI QUINTO

**ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DOS FATORES DE EROÇÃO HÍDRICA
EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO SOB CULTIVO DE PASTAGEM E
EUCALIPTO**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
FEVEREIRO – 2013

VAGNER MAURI QUINTO

**ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DOS FATORES DE EROÇÃO HÍDRICA
EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO SOB CULTIVO DE PASTAGEM E
EUCALIPTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Silvicultura e Solos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima
Co-orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

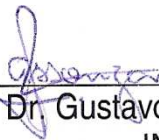
FEVEREIRO – 2013

**ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DOS FATORES DE EROÇÃO HÍDRICA
EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO SOB CULTIVO DE PASTAGEM E
EUCALIPTO**

Vagner Mauri Quinto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Silvicultura e Solos Florestais.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2013.



Dr. Gustavo Soares de Souza
INCAPER
Membro Externo



Prof. Dr. José Carlos Lopes
UFES
Membro Interno



Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima
UFES
Orientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e acima de tudo, agradeço a Deus e a meus pais pelo dom da vida concedido a mim.

Pai, Mãe, obrigado por todos os ensinamentos passados a mim. Obrigado por me ensinar a andar, falar, respeitar aos outros, amar a família, mas muito obrigado mesmo, por me ensinar que o caminho mais curto não é a solução dos problemas. Graças a vocês aprendi desde novo que nada cai do céu em nossas mãos e por isso comecei desde cedo a correr atrás dos meus sonhos.

Agradeço ao meu irmão, Frederico Mauri Quinto pelo apoio motivacional que me concedeu, bem como a minha noiva Larissa Honorio de Macedo Thuler, pelo apoio moral, pelos incentivos na hora em que achava que tudo estava perdido.

Agradeço também pelo apoio concedido por minhas avós, tias, tios, primas e primos.

Não poderia deixar de agradecer à UFES e em especial ao CCA-UFES. Obrigado a todos os professores que me ajudaram direta ou indiretamente nesta caminhada. Agradeço também ao meu orientador, professor Dr. Julião Soares de Souza Lima pelo acolhimento e pelos ensinamentos a mim concedidos durante esses dois anos de trabalho que tivemos juntos. Obrigado professor Dr. Nilton César Fiedler, meu co-orientador.

Agradeço também à FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo) pela concessão da bolsa de estudo durante o meu curso.

E por fim, mas não menos importante obrigado pela ajuda nos trabalhos de campo, meus amigos Rômulo André Beltrame e Onair Mendes de Oliveira.

BIOGRAFIA

VAGNER MAURI QUINTO, filho de Maria de Fátima Mauri Quinto e Valmir Araújo Quinto, nasceu em Alegre, Sul do Estado do Espírito Santo, em 14 de outubro de 1987.

Durante toda a sua vida estudantil frequentou escolas públicas.

Formou-se como Técnico em Agropecuária pela EAFA (Escola Agrotécnica Federal de Alegre – ES) em 2005.

Em março de 2006, iniciou seu curso de graduação em Agronomia pelo CCA-UFES (Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo), onde obteve seu título de Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2011.

No mês de março de 2011, iniciou seu curso de pós-graduação, mestrado strictu sensu em Ciências Florestais pelo CCA-UFES, submetendo-se a defesa em fevereiro de 2013.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Semivariograma sem efeito pepita (A) e com efeito pepita (B).....	15
Figura2a -	Mapa de localização da área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES, com o cultivo da pastagem.....	20
Figura 2b -	Mapa de localização da área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES, com o cultivo do eucalipto.....	21
Figura 3 -	Mapa de preparo do solo para a área de cultivo de eucalipto, São José do Calçado, Sul do ES.....	22
Figura 4 -	Mapa de declividade da área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.....	23
Figura 5 -	Mapa altimétrico da área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.....	24
Figura 6 -	Mapa de localização dos pontos amostrais na área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.....	25
Figura 7 -	Mapa de localização dos postos pluviométricos da ANA no ES.....	26
Figura 8 -	Semivariogramas da argila (A), silte (B), areia muito fina (C), matéria orgânica no ano de 2008 (D) e matéria orgânica no ano de 2011 (E) durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto.....	41
Figura 9a -	Mapa do teor de argila durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.....	42
Figura9b -	Mapa do teor de silte durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.....	44
Figura 9c -	Mapa do teor de areia muito fina durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.....	45
Figura9d -	Mapa do teor de matéria orgânica durante o período de cultivo da pastagem na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.....	47
Figura 9e -	Mapa do teor de matéria orgânica durante o período de cultivo do eucalipto na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.....	47

Figura 10 -	Mapa de diminuição ou incremento no teor de matéria orgânica na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.....	48
Figura 11 -	Semivariogramas da erosividade média anual das chuvas durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	54
Figura 12a -	Mapa da erosividade média anual das chuvas para o Estado do ES durante o período de cultivo da pastagem.	55
Figura 12b -	Mapa da erosividade média anual das chuvas para o Estado do ES durante o período de cultivo do eucalipto..	56
Figura 13 -	Semivariogramas da erodibilidade do solo durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	62
Figura 14a -	Mapa da erodibilidade do solo durante o período de cultivo da pastagem na área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.....	62
Figura 14b -	Mapa da erodibilidade do solo durante o período de cultivo do eucalipto na área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.....	63
Figura 15 -	Semivariograma do fator LS da área de estudo.....	65
Figura 16 -	Mapa do fator LS da área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.....	65
Figura 17a -	Mapa da perda de solo da área de estudo cultivada com pastagem, São José do Calçado, Sul do ES.....	67
Figura 17b -	Mapa da perda de solo da área de estudo cultivada com eucalipto, São José do Calçado, Sul do ES.....	68
Figura 18 -	Mapa da perda do solo na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.....	71
Figura 19 -	Semivariogramas da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D), maio (E), junho (F), julho (G), agosto (H), setembro (I), outubro (K), novembro (L), dezembro (M) e anual (N) para o Estado do ES.....	75

Figura 20 -	Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de janeiro (A) e fevereiro (B) para o Estado do ES.....	77
Figura 21 -	Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de março (A) e abril (B) para o Estado do ES.....	78
Figura 22 -	Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de maio (A) e junho (B) para o Estado do ES.....	79
Figura 23 -	Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de julho (A) e agosto (B) para o Estado do ES.....	81
Figura 24 -	Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de setembro (A) e outubro (B) para o Estado do ES.....	82
Figura 25 -	Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de novembro (A) e dezembro (B) para o Estado do ES.....	84
Figura 26 -	Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade anual acima do terceiro quartil para o Estado do ES.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classes de perda de solo.....	10
Tabela 2 -	Valores de C para a cultura da pastagem e do eucalipto.	13
Tabela3 -	Valores de P para as técnicas de manejo do solo.....	13
Tabela 4 -	Valores de interpretação do IDE.....	16
Tabela 5 -	Valores médios dos atributos químicos do solo.....	23
Tabela 6 -	Análise descritiva dos dados de precipitação pluviométrica para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto.....	28
Tabela 7 -	Análise descritiva das frações granulométricas e do teor de matéria orgânica da área de estudo utilizados na determinação da erodibilidade do solo.....	37
Tabela 8 -	Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados pela variância dos dados para as frações granulométricas e o teor de matéria orgânica do solo.....	39
Tabela 9 -	Coeficientes de correlação de Pearson entre a altitude e a declividade com as frações granulométricas, teor de matéria orgânica, redução ou incremento do teor de matéria orgânica, a erodibilidade e a perda de solo.....	43
Tabela 10a -	Quantificação das classes do teor de matéria orgânica do solo cultivado com pastagem.....	46
Tabela 10b -	Quantificação das classes do teor de matéria orgânica do solo cultivado com eucalipto.....	46
Tabela 11 -	Quantificação das classes de redução ou incremento do teor de matéria orgânica do solo cultivado com eucalipto	48
Tabela 12 -	Análise descritiva dos dados de erosividade da chuva para o Estado do Espírito Santo durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto.....	50
Tabela 13 -	Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados ajustados para a erosividade média anual das chuvas.....	53
Tabela 14 -	Análise descritiva da erodibilidade do solo.....	58
Tabela 15a -	Quantificação das classes de erodibilidade do solo para o cultivo da pastagem.....	60

Tabela 15b -	Quantificação das classes de erodibilidade do solo para o cultivo do eucalipto.....	60
Tabela 16 -	Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados pela variância dos dados para a erodibilidade do solo.....	61
Tabela 17 -	Análise descritiva do fator LS da área de estudo.....	64
Tabela 18 -	Modelos e parâmetros do semivariograma escalonado pela variância dos dados para o fator LS da área de estudo.....	64
Tabela 19 -	Análise descritiva da perda de solo na área de estudo durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto.	66
Tabela 20 -	Classificação e quantificação da perda de solo para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto.....	70
Tabela 21 -	Quantificação das áreas de redução na perda de solo para o cultivo do eucalipto.....	71
Tabela 22 -	Valores críticos da erosividade mensal e anual para o Estado do ES, considerando o terceiro quartil.....	73
Tabela 23 -	Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados pela variância dos dados para a probabilidade de ocorrência de erosividade mensal e anual acima do terceiro quartil para o Estado do ES.....	73
Tabela 24 -	Quantificação das áreas com probabilidade de 91 a 100% de ocorrência de erosividade mensal e anual acima do terceiro quartil para o Estado do ES.....	86
Tabela 25 -	Análise descritiva das características dendrométricas do eucalipto.....	88
Tabela 26 -	Coeficientes de correlação de Pearson entre as frações granulométricas e o teor de matéria orgânica do solo e as características dendrométricas do eucalipto.....	88

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 -	Mapa de localização dos municípios do Estado do Espírito Santo.....	102
Anexo 2 -	Tabela de identificação dos municípios do Estado do Espírito Santo.....	103
Anexo 3 -	Tabela com os modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados pela variância dos dados para a erosividade mensal no Estado do ES.....	104
Anexo 4 -	Mapa da erosividade do mês de janeiro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	105
Anexo 5 -	Mapa da erosividade do mês de fevereiro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	106
Anexo 6 -	Mapa da erosividade do mês de março durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	107
Anexo 7 -	Mapa da erosividade do mês de abril durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	108
Anexo 8 -	Mapa da erosividade do mês de maio durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	109
Anexo 9 -	Mapa da erosividade do mês de junho durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	110
Anexo 10 -	Mapa da erosividade do mês de julho durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	111
Anexo 11 -	Mapa da erosividade do mês de agosto durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	112
Anexo 12 -	Mapa da erosividade do mês de setembro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	113
Anexo 13 -	Mapa da erosividade do mês de outubro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	114
Anexo 14 -	Mapa da erosividade do mês de novembro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	115
Anexo 15 -	Mapa da erosividade do mês de dezembro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).....	116

SUMÁRIO

RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. HIPÓTESE	2
1.2. OBJETIVO GERAL	2
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. FÍSICA DO SOLO - EFEITOS SOBRE O CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO EUCALIPTO	5
2.2. EROÇÃO HÍDRICA EM ÁREAS SOB CULTIVO DE PASTAGEM E EUCALIPTO.....	6
2.3. ESTIMAÇÃO DA PERDA DE SOLO PELO MÉTODO EUPS	10
2.4. GEOESTATÍSTICA	13
2.5. KRIGAGEM.....	16
2.5.1. Krigagem Ordinária.....	16
2.5.2. Krigagem Indicativa	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
3.3. METODOLOGIA.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO	37
4.1.1. Análise Descritiva	37
4.1.2. Análise Espacial	38
4.2. EROSIVIDADE (R).....	49
4.2.1. Análise Descritiva	49
4.2.2. Análise Espacial	53
4.3. ERODIBILIDADE DO SOLO (K)	57
4.3.1. Análise Descritiva	57
4.3.2. Análise Espacial	61
4.4. FATOR LS.....	63
4.4.1. Análise Descritiva	63
4.4.2. Análise Espacial	64
4.5. PERDA DE SOLO (A) PELO MÉTODO EUPS.....	66
4.5.1. Análise Descritiva	66
4.5.2. Análise Espacial	67
4.6. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DA EROSIVIDADE NO ESTADO DO ES	72

4.6.1. Análise Espacial	73
4.7. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS E O TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO COM AS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DO EUCALIPTO	87
5. CONCLUSÕES	91
6. REFERÊNCIAS	92
ANEXOS	102

RESUMO

QUINTO, Vagner Mauri. **Análise espacial e temporal dos fatores de erosão hídrica em Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de pastagem e eucalipto.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima. Co-orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler.

O estudo teve como objetivo estimar a perda de solo por meio da EUPS em uma área de cultivo com pastagem e com eucalipto de três anos de idade, implantado sob a pastagem em área declivosa no Sul do Estado do ES. Para estimar a perda de solo na área de estudo foi confeccionada uma malha regular 33 x 33m em uma área de 10,02 ha, obtendo-se 94 pontos de coleta de amostras. Foram elaborados mapas temáticos da erosividade das chuvas (R) para todo o Estado do ES em um período de dez anos (1999 a 2008) referentes ao cultivo da pastagem e três anos (2009 a 2011) referentes ao cultivo do eucalipto. Também foram elaborados mapas temáticos da erodibilidade do solo (K) para a área de estudo. O mapa temático do fator LS para a área de estudo foi obtido por meio da combinação do fator declividade e comprimento de rampa entre cada ponto amostral. Os fatores C e P da EUPS foram obtidos por meio de consulta literária. A probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o Estado do ES foi calculada por meio da técnica de krigagem indicativa. A análise descritiva foi realizada para determinar as medidas de posição e dispersão dos dados e a normalidade dos dados foram analisadas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov em nível de 5% de probabilidade e os resultados referentes aos dois períodos de cultivo, quando necessários foram comparados pelo teste t de Student em nível de 5%. Todas as frações granulométricas e o teor de matéria orgânica do solo em estudo apresentaram dependência espacial, indicando a variabilidade dos mesmos dentro da área de estudo. Em 42,7% da área de estudo, houve aumento do teor de matéria orgânica durante o período de cultivo do eucalipto, quando comparado com a pastagem, no entanto, os teores não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para as duas culturas. A região Centro-Sul do Estado do ES apresentou os maiores valores de erosividade anual durante o cultivo das duas espécies. Contudo, os valores de erosividade na área de estudo foram de 8.227,2 e 8.043,2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto, respectivamente. O fator K apresentou o mesmo padrão de distribuição espacial para a área de estudo durante o cultivo das duas espécies, sendo os maiores valores obtidos nas regiões Noroeste e Sudoeste. Os valores de perda de solo variaram de 0,0 a 14,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ durante o período de cultivo da pastagem e de 0,0 a 3,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ durante o período de cultivo do eucalipto. A perda de solo no cultivo da pastagem foi de 74 a 77% superior a obtida no cultivo do eucalipto, sendo a perda média de 75,4%. Alguns municípios apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade das chuvas acima do terceiro quartil, sendo os valores mais críticos nos meses entre outubro e abril, portanto, esses municípios precisam adotar práticas conservacionistas para preservar o solo. A argila e a matéria orgânica apresentaram correlação negativa com o PAP, DAP e a AB. Desta

forma, o eucalipto pode ser utilizado para a recuperação e/ou regeneração de áreas de pastagem degradadas ou em processo de degradação.

Palavras-chave: pastagem; eucalipto; erosividade; geoestatística; perda de solo.

ABSTRACT

QUINTO, VagnerMauri. **Spatial and temporal analysis of the factors of water erosion in oxisol yellow red under cultivation of pasture and eucalyptus.**2013. Dissertation (Master's degree in forest science) – Federal University do Espírito Santo, Alegre-ES. Adviser: Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima. Co-adviser: Prof. Dr. Nilton César Fiedler.

The study aimed to estimate soil loss by middle of USLE in a farming area with pasture and eucalyptus of three years of age, implanted under the pasture in area declivosa in the Southern State of ES. To estimate soil loss in the study area was made a regular mesh of 33 x 33m in a area of 10,02 ha getting 94 points of sample collection. Thematic maps were elaborated of rainfall erosivity (R) for the entire State of ES in a ten year period (1999 to 2008) relative for the cultivation of pasture and three years (2009 to 2011) relative for the cultivation of eucalyptus. Were also elaborated thematic maps of soil erodibility (K) for the study area. The thematic map of the LS factor for the study area was obtained by through of combination of steepness factor and length ramp between each sample point. The factors of USLE C and P were obtained by querying literary. The occurrence likelihood of erosivity above the third quartile for the State of ES was calculated by middle of the kriging technique indicative. A descriptive analysis was performed to determine the measurements of position and dispersion data and the normality of the data were analyzed using the Kolmogorov-Smirnov test at level in 5% probability and the results related to two period of cultivation, when necessary were compared by the test Student's t test at level in 5%. All granulometric fractions and content organic study matter of soil presented spatial dependence, indicating the variability of the same within the study area. In 42,7% of the study area, increased the content of organic matter content during the cultivation period of eucalyptus when compared with the pasture, however, the content showed no significant difference ($p < 0.05$) for the two cultures. The Center-South region of the state of ES showed the values highest annual erosivity during cultivation of the two species. However, the values of erosivity in the study area were of 8.227,2 and 8.043,2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ for the period of pasture and of eucalyptus, respectively. The K factor showed the same pattern of spatial distribution for the study area during the cultivation of two species, being the highest values obtained in the Northwest and Southwest regions. The values of soil loss ranged from 0.0 to 14.5 t ha⁻¹ year⁻¹ during the period cultivated of pasture and 0.0 to 3.5 t ha⁻¹ year⁻¹ during the period cultivated of Eucalyptus. Soil loss in the cultivation of pasture was of 74 the 77% higher than that obtained in the cultivation of eucalyptus, being average loss of 75.4%. Some municipalities presented of 91-100% of probability of occurrence of rainfall erosivity above the third quartile, being the values most critical in the months between October and April, therefore, these municipalities need to adopt conservation practices to preserve soil. The clay and organic matter presented correlated negative with PAP, DAP and AB. Thus, eucalyptus can be used for the recovery and/or regeneration of grazing areas degraded or degradation process.

Keywords: pasture, eucalyptus; erosivity, geostatistics, soil loss.

1. INTRODUÇÃO

A erosão em áreas de cultivo agrícola é uma triste realidade enfrentada pelos produtores nacionais. Este problema se agrava ainda mais em regiões de declividade mais acentuada como no Estado do Espírito Santo.

O cultivo de pastagens em áreas declivosas associada ao manejo inadequado da cultura e o pastejo excessivo proporcionam a degradação destas áreas. A degradação ambiental das áreas de pastagem pode tornar o sistema pecuário pouco sustentável ou até mesmo ocasionar a inviabilidade da produção pecuária em casos extremos.

O sistema silvopastoril ou a total substituição da atividade exercida sobre uma área cultivada com pastagem pode ser a solução para redução da erosão hídrica ou recuperação/regeneração de áreas degradadas ou em processo de degradação.

Atualmente o gênero **Eucalyptus** é o mais cultivado entre as áreas de florestas plantadas no Brasil. Mesmo não sendo uma espécie nativa dos ecossistemas brasileiros, ela se adaptou bem as condições edafoclimáticas e ao longo do tempo tem apresentado produções superiores às alcançadas pelos plantios australianos. Devido a essa boa aclimatação esta cultura pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas.

Atualmente a presença de povoamentos florestais de eucalipto em meio aos ecossistemas brasileiros e capixaba é notória. Esse fato demonstra a importância desse gênero para o setor florestal nacional e espírito santense.

O crescimento das áreas de plantio de eucalipto, no Brasil, está associado à disponibilidade de áreas cultiváveis, as condições climáticas favoráveis, ao controle de pragas e doenças, ao melhoramento genético, a adubação e a mecanização. No entanto, nem sempre as práticas agrícolas são usadas de maneira adequada, pois ainda se encontram plantios em linha morro abaixo, uso de áreas com declividade não recomendada, bem como a quase inexistência do uso de práticas conservacionistas do solo, como o plantio em nível, cultivo mínimo, terraços e cordões vegetais. O uso de práticas inadequadas põe em risco a sustentabilidade dos sistemas produtivos e normalmente, o resultado é o surgimento de áreas erodidas.

A erosão hídrica ocasiona o carreamento das partículas de solos erodidos, diminuindo a fertilidade dos mesmos, assoreando rios e limitando o uso dessas áreas.

A recuperação de áreas degradadas é um processo demorado e de alto custo, por isso, é necessário o desenvolvimento de estudos sobre a perda de solo para que se consiga reduzir ao máximo possível os danos causados. Atualmente, a estimativa da perda de solo tem sido realizada por meio da equação universal de perdas de solo (EUPS).

A perda de solo em uma área é dependente da erosividade das chuvas, da erodibilidade do solo, da declividade da área, da cultura implantada e das práticas conservacionistas empregadas. A associação desses fatores possibilita a identificação da variabilidade de perda de solo existente, o que indica a necessidade de manejo diferenciado dentro de uma mesma área.

O uso da geoestatística e dos sistemas de informações geográficas (SIG's) são importantes nesse tipo de estudo, pois auxiliam na identificação destas áreas específicas de manejo.

1.1. HIPÓTESE

A perda de solo por erosão hídrica em área sob cultivo do eucalipto é menor do que em área cultivada com pastagem, em função da camada de serrapilheira depositada na área, o que dificulta a desagregação e o carreamento das partículas do solo.

1.2. OBJETIVO GERAL

Analisar a variabilidade espacial dos fatores de erosão hídrica em área cultivada com pastagem e eucalipto e quantificar o índice de perda de solo. Estimar a erosividade mensal e anual para o Estado do Espírito Santo.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar a probabilidade de ocorrência da erosividade mensal e anual no Estado do Espírito Santo;

Determinar a variabilidade espacial das frações granulométricas do solo que compõem os parâmetros da EUPS para área com pastagem e após três anos da ocupação com o eucalipto;

Determinar um índice de perda de solo entre as duas formas de ocupação do solo;

Correlacionar o perímetro a altura do peito (PAP), diâmetro a altura do peito (DAP) e a área basal individual (AB_i) com as frações granulométricas do solo, a altitude e a declividade dos pontos amostrais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Acredita-se que a cultura do eucalipto tenha sido implantada no Brasil por volta dos anos de 1861 a 1863 (SAMPAIO, 1957). Desde então o gênero **Eucalyptus** vem sendo utilizado para diversas finalidades como a produção de carvão vegetal, postes, mourões, celulose para produção de papel, laminados para o setor moveleiro, entre outras práticas.

Conforme dados apresentados pela Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS, 2008), no ano de 2007 o setor florestal era responsável pela geração de 3,4% do produto interno bruto (PIB) nacional, proporcionando uma receita de aproximadamente oitenta e oito bilhões de reais.

Atualmente o gênero **Eucalyptus** é o mais cultivado entre as áreas de florestas plantadas no Brasil. Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2012), a área de floresta plantada alcançou 6.937.432 ha no ano de 2011, sendo 70,3% (4.873.952 ha) desta área cultivada com gênero **Eucalyptus**, 23,7% (1.641.892 ha) com o **Pinus** e apenas 6% (421.588 ha) com as demais espécies florestais tais como: acácia, araucária, seringueira, teca, entre outras. Pode-se observar que os gêneros **Eucalyptus** e **Pinus** são responsáveis por 94% da área total de floresta plantada no Brasil, demonstrando a importância destes gêneros para o setor florestal. No entanto, conforme dados da ABRAF (2012) o **Eucalyptus** apresentou um crescimento de 2,5% da sua área de plantio entre os anos de 2010 e 2011, enquanto o **Pinus** apresentou uma redução de 6,5% da sua área de plantio no período de 2010 a 2011, demonstrando uma estagnação ou até mesmo uma substituição das áreas de plantio de **Pinus** por **Eucalyptus**.

De acordo com Silveira et al. (1995) as principais classes de solos utilizadas para o cultivo de eucalipto são: Latossolos distróficos ou álicos com 64%; Podzólicos distróficos ou álicos com 16%; Cambissolos e Litossolos com dez por cento; Areia Quartzosa com cinco por cento; Terra Roxa, Podzólicos e Latossolos eutróficos com 2,5%; e outros com 2,5%.

A pecuária é uma das atividades que se destacam no setor agrícola nacional. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) o Brasil possui aproximadamente 205,3 milhões de cabeças de gado. Pode-se acrescentar ainda mais 8,9 milhões de animais (1,0 milhão de

asininos, 1,1 milhões de bubalinos, 5,5 milhões de equinos e 1,3 milhões de muares). A alimentação desses animais esta diretamente relacionada com o potencial de produção das pastagens utilizadas. No entanto, segundo a WWF-Brasil (World Wide Fund For Nature/Fundo Mundial para a Natureza), citada por Ferguson (2009) cerca de 30% da área nacional de pastagem se encontram degradadas ou em processo de degradação, o que corresponde a aproximadamente 78 milhões de ha.

Devido ao fato da área de plantio de eucalipto estar crescendo anualmente, o Latossolo ser uma das classes de solo mais utilizada para o cultivo desta espécie e existirem grandes áreas de pastagem em estado de degradação, o estudo da perda de solos em áreas de eucalipto e pastagem, passa a ser de fundamental importância, pois a implantação de povoamentos florestais de eucalipto pode ser a solução para a recuperação destas áreas degradadas, bem como se tornar uma nova fonte de renda em uma área que apresentava reduzido retorno financeiro.

2.1. FÍSICA DO SOLO - EFEITOS SOBRE O CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO EUCALIPTO

A fertilidade do solo é um fator importante para o desenvolvimento de qualquer cultura. Normalmente, os solos de maior fertilidade apresentam as maiores produções, no entanto, existem outros fatores que interferem na capacidade produtiva de uma cultura, sendo este às vezes tão importante quanto ou até mais importante do que a fertilidade. A textura do solo é um desses fatores, pois os teores de argila, silte e areia estão diretamente relacionados com a própria fertilidade do solo, bem como com o teor de umidade e aeração.

No entanto, apesar da baixa fertilidade dos solos interferir negativamente no crescimento e desenvolvimento dos povoamentos florestais de eucalipto, alguns estudos como os desenvolvidos por Barros (1974), Amaral (2000), Ortiz (2003), Rigatto, Dedecek e Mattos(2004) e Ortiz et al. (2006) tem comprovado que os atributos físicos dos solos possuem maior influência sobre o desenvolvimento desta cultura, quando comparado com os atributos químicos.

Segundo Barros (1974) em estudos de produtividade local, o nível de fertilidade do solo tem sido pouco mencionado como fator limitante para o

crescimento das árvores, em comparação com outros atributos do solo. Este autor afirma ainda, que o eucalipto é mais exigente no que se refere aos atributos físicos do solo, particularmente quanto à profundidade e à permeabilidade. Para Amaral (2000) e Ortiz et al. (2006) pode-se acrescentar a estas ainda, textura e estrutura do solo, que em conjunto interferem na capacidade de armazenamento de água pelo solo e, conseqüentemente, no crescimento e na produtividade.

Características físicas do solo como textura e estrutura influenciam diretamente a capacidade de troca catiônica (CTC), a umidade, a soma de bases e o pH do solo. Essas características normalmente estão relacionadas com a maior produção de volume de madeira em cultivos de eucalipto.

Em seus estudos, Garcia e Garcia (1997) concluíram que a retenção de água no solo foi influenciada pelo relevo e pela distribuição espacial da granulometria, visto que as áreas mais altas apresentaram maior conteúdo de argila no solo, que por sua vez correspondiam às áreas com menor potencial mátrico. As áreas mais baixas apresentaram maior conteúdo de areia no solo, que por sua vez correspondiam às áreas com maior potencial mátrico.

A redução da espessura do solo diminui a produtividade da floresta, ou seja, o crescimento em volume das arvores de eucalipto é menor devido à restrição da disponibilidade de água e nutrientes no solo, com as árvores exibindo sintomas de deficiência nutricional (FABRES; BARROS; NOVAIS, 1987).

2.2. EROÇÃO HÍDRICA EM ÁREAS SOB CULTIVO DE PASTAGEM E EUCALIPTO

Espera-se que o efeito da erosão sobre os solos cobertos com pastagens mal conduzidas sejam mais perceptíveis do que os efeitos sobre as áreas com cobertura intensa de eucalipto. O quanto de solo se perde em uma área e em outra de acordo com a vegetação e o manejo adotado nestas áreas tem sido objeto de estudos de vários pesquisadores.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999) a erosão hídrica associada às práticas inadequadas de manejo dos solos adotadas pelo homem são os fatores que mais tem contribuído para a improdutividade dos solos, assoreamento de rios e barragens e diminuição das áreas para exploração

agrícola. Para Hernani et al. (2002) a erosão hídrica no Brasil é responsável pela perda de 822,7 milhões de toneladas de solo anualmente, o que ocasiona uma perda de aproximadamente R\$ 8,4 bilhões por ano com a reposição de fertilizantes.

O desenvolvimento de estudos entre a capacidade produtiva e os atributos do solo visando à produção sustentável é de extrema importância, pois favorecem o manejo racional da floresta e do solo e evitam a degradação de seus atributos físicos e químicos (ORTIZ et al. 2006).

O uso de gramíneas desde que bem manejadas são eficientes no controle da erosão, devido à sua capacidade de diminuir a velocidade da enxurrada e a retenção de parte das partículas desagregadas pela sua densidade de hastes e pelo seu sistema radicular (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

Estudos como o desenvolvido por Pires et al. (2006), comprovam o efeito positivo das gramíneas sobre o controle da perda de solos. Estes autores encontraram as menores perdas de água e solo nas áreas de mata nativa ($0,137 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e pastagem plantada ($0,209 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), quando comparados com o plantio de eucalipto em nível, na direção do declive e na direção do declive com queima dos restos culturais. As áreas de pastagem desde que sejam bem conduzidas não apresentam elevadas perdas de solo, no entanto, o que se tem observado no Brasil é que as áreas de pastagem normalmente são mal manejadas e apresentam uma significativa porcentagem de áreas em estado de degradação.

Em seu estudo, Bono et al. (1996) encontraram perdas de solo em áreas de pastagem cultivada sob Latossolo, variando de 26 a 38 Mg ha⁻¹, para a **Brachiaria brizantha** cv. Marandú plantada a lanço com escarificação em toda a área da parcela e pastagem nativa sem nenhum tipo de preparo, respectivamente. Estes resultados demonstram que as pastagens devem ser bem manejadas para se reduzir ao máximo a perda de solo, caso contrário, os processos erosivos continuaram a degradar as áreas de pastagem e a diminuir as áreas agricultáveis disponíveis.

A cultura do eucalipto apresenta um ciclo de seis a sete anos para a produção de madeira para celulose, e neste período, o solo fica praticamente em repouso com um crescente acúmulo de serrapilheira (MARTINS et al. 2003).

Conforme Vital (2007) estima-se que para cada tonelada de madeira de eucalipto produzida, sejam gerados de 0,30 a 0,35 toneladas de serrapilheira.

Segundo Martins et al. (2010) as maiores taxas de perda de solo em área de cultivo de eucalipto ocorrem até o quarto ano após a implantação do cultivo, sendo que depois deste tempo a uma redução da perda de solo.

A redução da velocidade das gotas da chuva ao se tocar com o dossel das plantas e a espessa camada de serrapilheira formada sobre o solo são essenciais na redução da erosão hídrica (ALBUQUERQUE, LOMBARDI NETO, SRINIVASAN, 2001; FRANCO et al. 2002; GONÇALVES, 2002; PIRES, et al. 2006). Conforme Franco et al. (2002) e Gonçalves (2002), além dos efeitos supracitados, a serrapilheira produzida pelas espécies arbóreas proporciona o aumento da infiltração de água no solo, bem como promove a manutenção dos teores de matéria orgânica do solo e seu efeito agregador sobre as partículas do mesmo, reduz o escoamento superficial e a velocidade da enxurrada, ocasionando assim a redução da perda de solos.

Para Barros et al. (2009) a redução da erosão hídrica é diretamente proporcional a quantidade de resíduos florestais, ou seja, quanto maior a quantidade de serrapilheira, maior é a redução da erosão na área.

Desta maneira, espera-se que com o passar dos anos de cultivo e o desenvolvimento da cultura a perda de solo em áreas de cultivo de eucalipto sejam reduzidas, em função da maior deposição de serrapilheira e disponibilidade de matéria orgânica pela decomposição destes resíduos vegetais. A matéria orgânica propicia uma maior estabilidade à estrutura dos agregados do solo bem como aumenta a capacidade de retenção de água, diminuindo os efeitos erosivos sobre o mesmo.

Para as condições de seu estudo, Pires et al. (2006) concluíram que o cultivo de eucalipto em nível foi o que mais se aproximou da mata nativa, em termos de perdas de solo, indicando uma maior sustentabilidade desse sistema quando comparado com o cultivo do eucalipto em declive, com o cultivo do eucalipto em declive com queima dos restos culturais, e com o solo exposto. Ainda segundo estes autores, as áreas cultivadas em declive e com a prática da queima dos restos culturais, foi a que apresentou as maiores perdas de solo. No entanto, estes valores encontrados ainda são inferiores aos valores de tolerância admissível para esta classe de solo, encontrados por Pires (2004).

O trabalho desenvolvido por Brito (2004) em uma área de cultivo de eucalipto em um Latossolo Vermelho de textura argilosa e de relevo ondulado, permitiram concluir que os valores de perda de solo em áreas sob o cultivo de eucalipto são muito baixos em relação aos valores de tolerância e próximos aos valores obtidos sob florestas nativas, evidenciando a sustentabilidade dos povoamentos florestais de eucalipto.

Ranzini e Lima (2002), analisando microbacias reflorestadas com eucalipto encontraram perdas de solo variando de 0,03 a 0,08 Mg ha⁻¹ano⁻¹, sendo estes valores considerados baixos quando comparados com perdas de solo em uma mata nativa.

Contudo, Martins et al. (2003) estudando três classes de solos sob o cultivo de eucalipto, encontraram perdas variando entre 0,21 a 3,20 t ha⁻¹ ano⁻¹. Ainda segundo esses autores, os valores de perda de solo obtidos para a cultura do eucalipto são superiores aos encontrados em matas nativas (0,04 a 0,21 t ha⁻¹ ano⁻¹), no entanto, mesmo assim, encontram-se abaixo dos valores encontrados em áreas sob solo descoberto (0,32 a 41,83 t ha⁻¹ ano⁻¹).

O estudo desenvolvido por Cardoso et al. (2004), apresentou um resultado semelhante para a perda de solo ocorrido entre as áreas de mata nativa e povoamentos florestais de eucalipto após o quarto ano de implantação da cultura. Conforme estes mesmos autores a mata apresentou valores de perda de solo iguais a 0,03; 0,00 e 0,00 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o Argissolo Amarelo de textura média argilosa, Plintossolo Háplico e o Argissolo Amarelo moderadamente rochoso, respectivamente, enquanto a cultura do eucalipto apresentou valores de 0,03; 0,01 e 0,04 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para as mesmas classes de solo.

Desta maneira, o manejo adequado da cultura do eucalipto pode proporcionar um cultivo sustentável, o que possibilita a utilização dessa espécie para a recuperação de áreas que antes eram ocupadas por pastagem em processo de degradação.

Os efeitos da cultura do eucalipto sobre a redução da perda de solo pode ser monitorado por meio da classificação apresentada por Vieira (2008) conforme Tabela 1.

Tabela 1. Classes de perda de solo

Perda de solo (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Classes
0,00 a 3,00	Muito baixa
3,01 a 5,00	Baixa
5,01 a 7,00	Média
7,01 a 16,00	Alta
> 16	Muito alta

Fonte: Vieira (2008).

2.3. ESTIMAÇÃO DA PERDA DE SOLO PELO MÉTODO EUPS

A estimativa da perda de solos é um dos princípios adotados para se planejar atividades corretivas em áreas que sofrem com o processo erosivo, no entanto, existe dificuldade para se avaliar a extensão, as taxas de erosão, seus impactos ambientais e econômicos (WEILL, 1999). Esse planejamento tem sido realizado com o uso da equação universal de perda de solos (EUPS) proposta por Wischmeier e Smith (1978).

A erosão é um indicador ambiental de zonas específicas de manejo, pois ela influencia na variabilidade espacial dos atributos do solo em função da posição da paisagem (SOUZA et al. 2002). Devido a essa variabilidade existente a geoestatística passa a ser uma ferramenta importante no estudo de processos erosivos (WANG et al. 2002).

Conforme Bitar, Iyomasa e Cabral Jr. (2000) o uso dos sistemas de informações geográficas (SIG's) também passa a ser uma ferramenta importante, pois facilita a manipulação de informações de grandes áreas, evitando os procedimentos onerosos utilizados pelos métodos convencionais.

Segundo Silva et al. (2005) a erosão hídrica por meio do arraste de partículas do solo, água, nutrientes e carbono orgânico tem ocasionado a redução ou perda da sustentabilidade dos agroecossistemas.

Alguns dos efeitos da erosão são: a) a perda de solo em si, que provoca o carreamento da camada fértil do solo e como consequência aumento no custo de produção pela necessidade de reposição destes nutrientes perdidos; b) assoreamento de cursos d'água; c) contaminação dos cursos d'água pelo carreamento de partículas de agrotóxicos; d) redução da capacidade de retenção de umidade pelo solo; e e) redução da espessura do perfil do solo.

A perda de solo atribuída à erosão hídrica ocorre em função de vários fatores que se encontram diretamente relacionados, conforme o modelo

denominado de EUPS proposto por Wischmeier e Smith (1978). Os fatores que compõem esse modelo são: a erosividade das chuvas (R); a erodibilidade dos solos (K); fator topográfico (SL), sendo S referente ao grau de declividade e L ao comprimento da rampa; a taxa de cobertura do solo (C) e às práticas conservacionistas (P) (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

O resultado da multiplicação dos fatores R, K e LS que são parâmetros relacionados às características naturais da área de estudo, resultam na construção de um novo parâmetro denominado de potencial natural de erosão (PNE) proposto por Stein et al. (1987). O PNE é um parâmetro que avalia apenas as características do solo, sem levar em consideração as práticas agrícolas adotadas pelo agricultor e a espécie cultivada.

A EUPS tem sido utilizada em vários trabalhos relacionados à perda de solos, como os desenvolvidos por Tomazoniet al. (2005); Domingos (2006); Ruhoff et al. (2006); Carvalho (2008); Cabral et al. (2010).

A erosividade da chuva (R) expressa o potencial que as chuvas possuem de causar erosão hídrica em uma área desprovida de proteção (PRUSKI, 2006). Conforme Lal e Elliot (1994) a erosividade expressa o potencial que a água das chuvas possui para desagregar o solo e transportá-lo por meio do escoamento superficial, dependendo tanto do tamanho das gotas como da sua intensidade.

Segundo Mello et al. (2007) a erosividade das chuvas é um dos fatores mais importantes relacionados à erosão, podendo ser determinado pelo uso de índices como da erosividade padrão EI_{30} proposto por Wischmeier e Smith (1978).

Para Silva, Guimarães e Tavares (2003) existem vários parâmetros que podem ser utilizados para se estimar a erosividade das chuvas, contudo, não é fácil escolher o modelo mais adequado, pois cada ambiente e evento são únicos na escala temporal e espacial. Dentre os métodos de estimação da erosividade temos o EI_{30} ; e o $KE>25$ proposto por Hudson (1973). No entanto, a determinação por estes métodos é trabalhosa e necessita de informações escassas e de difícil acesso (MELLO et al. 2007). Outra forma de se estimar a erosividade é por meio do uso das equações de regressão.

As equações de regressão são utilizadas no caso da inexistência de dados pluviográficos, permitindo a estimação da erosividade sem o

comprometimento das informações obtidas (AQUINO; OLIVEIRA; SALES 2006). Ciente destes fatos, autores como Silva (2004) e Pruski (2006) propõem a utilização de equações empíricas baseadas na precipitação média mensal e anual, das oito regiões homogêneas do Brasil.

O uso de modelos matemáticos e estatísticos tem sido eficientes para explicar o comportamento de fenômenos que ocorrem na natureza (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES, 2003).

O modelo proposto por Bertoni e Lombardi Neto (1999) tem sido usado em vários estudos de erosividade no Brasil. Este modelo já foi utilizado por Rosa (1995) em estudos sobre estimativa da perda de solo por erosão laminar; Vieira e Lombardi Neto (1995) estudando a variabilidade espacial do potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo; Aquino, Oliveira e Sales (2006) estimando a erosividade das chuvas nas terras secas do Estado do Piauí e por Silva et al. (2010) em estudo sobre a variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas para o Estado do Espírito Santo.

O uso da geoestatística foi útil na interpretação da variabilidade espacial e na estimativa da erosividade para o Estado de São Paulo, o que possibilitou a construção de mapas de isolinhas (VIEIRA e LOMBARDI NETO, 1995). Para Silva et al. (2010), estes índices devem ser estudados para o Estado do Espírito Santo, devido o seu potencial agrícola, que muitas vezes esta localizado em regiões de relevo acidentado e com altos índices pluviométricos.

Ao se analisar a EUPS, pode-se observar que existe uma relação direta entre os seus fatores. Essa relação direta indica a proporcionalidade da perda de solos na área quando se analisa apenas um fator e se mantém os demais constantes. Este fato é comprovado por Carvalho (2008) onde em seus estudos referentes a parcelas dimensionadas de solo que mantém os fatores K, LS, C e P constantes, foi observada a proporcionalidade do solo perdido à erosividade.

A tolerância à perda de solo em cada classe, ou seja, a erodibilidade de cada classe de solo depende dos seus atributos físicos, como profundidade, textura, permeabilidade e estrutura (BARROS et al. 2009).

A erodibilidade dos solos pode ser determinada de três maneiras. A primeira é a determinação do fator K sob chuva natural em condições de campo, contudo, este método é oneroso e muito demorado. A segunda seria

por meio da quantificação do fator K sob condições de chuva simulada. A terceira maneira seria a utilização de regressões múltiplas contendo atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do solo (SILVA et al. 2000).

O fator LS da EUPS é referente à combinação do fator declividade e comprimento da rampa da área de estudo.

A Tabela 2 apresenta os valores de C para a cultura do eucalipto e da pastagem e a Tabela 3 apresenta os valores de P em função das técnicas de manejo do solo utilizadas na área de plantio.

Tabela 2. Valores de C para a cultura da pastagem e do eucalipto

Cultura	Valor do fator C	Fonte
Eucalipto	0,0025	Martins (2005)
	0,0100	Tomazoniet al. (2005)
Pastagem	0,0100	Fujihara (2002)
	0,0100	Stein et al. (1987)

Tabela 3. Valores de P para as técnicas de manejo do solo

Práticas conservacionistas	Valor de P
Plantio morro a baixo	1,00
Plantio em contorno	0,50
Alternância de capinas + plantio em contorno	0,40
Cordões de vegetação permanente	0,20

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1999).

2.4.GEOESTATÍSTICA

A estatística clássica parte do pressuposto de que amostras aleatórias são independentes entre si, ou seja, o atributo em estudo de uma amostra não possui influência sobre o valor do mesmo em outra amostra. No entanto, para cada característica em estudo existe uma distância que separa as amostras em dependentes ou independentes, desta forma as amostras aleatórias são dependentes umas das outras até uma dada distância "d". Sendo assim, quanto mais próxima for a coleta das amostras, maior será a dependência existente entre ambas.

A determinação da existência ou não da dependência espacial das amostras, bem como até qual distância existe essa influência de uma sobre as outras é feita por meio do uso da geoestatística.

A geoestatística surgiu a partir de um trabalho desenvolvido por Krige (1951) citado por Vieira (1995), onde este estudando dados de mineração na

África do Sul constatou que a variância dos dados amostrais possuía uma dependência em função da distância amostral.

Segundo Silva (1988) só é possível determinar se as amostras são dependentes ou independentes após a coleta e associando a este fato que os atributos possuem variação no espaço e no tempo, se torna evidente a necessidade da utilização de processos estatísticos diferenciados, que considerem essa variação, bem como é feito pela geoestatística. Contudo, Reichardt (1985) diz que a estatística clássica e a geoestatística se completam, ou seja, o uso de uma não exclui o emprego da outra e questões não resolvidas por um método podem ser elucidadas pelo outro.

A análise da dependência espacial dos dados realizada pela geoestatística é baseada no ajuste do semivariograma conforme um modelo matemático (ORTIZ, 2003).

A semivariância é obtida por meio da equação 1.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} * \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (\text{eq. 1})$$

em que:

$\gamma(h)$: semivariância;

$N(h)$: é o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$ e $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h ;

x_i : posição espacial da variável Z .

Conforme Guimarães (2004) o termo empregado deve ser semivariância, pois é o resultado da variância ($Var[Z(t) - Z(t+h)]$) dividido por dois. Por consequência, o gráfico gerado a partir da semivariância em função da distância deve ser denominado de semivariograma.

Uma análise do semivariograma permiti concluir que quanto mais próximos forem os pontos amostrados, maior será a semelhança entre os seus valores e menor será a semivariância (GUIMARÃES, 2004). Ainda segundo este autor, o inverso também é válido, ou seja, quanto mais distantes forem os pontos amostrais, menor será a semelhança entre eles e maior será a semivariância, até atingir o ponto em que a distância de coleta tornará os dados independentes.

O semivariograma é composto pelo: “a” que é o alcance sendo a distância até onde os dados são dependentes; “C+C₀” é o patamar, indicando o valor em que a semivariância se torna constante, próximo a variância dos dados; “C₀” é o efeito pepita e indica que a semivariância de $\gamma(0)$ é diferente de zero e quando isto acontece o patamar passa a ser formado por C₀+C.

A Figura 1 apresenta os parâmetros que compõem o semivariograma.

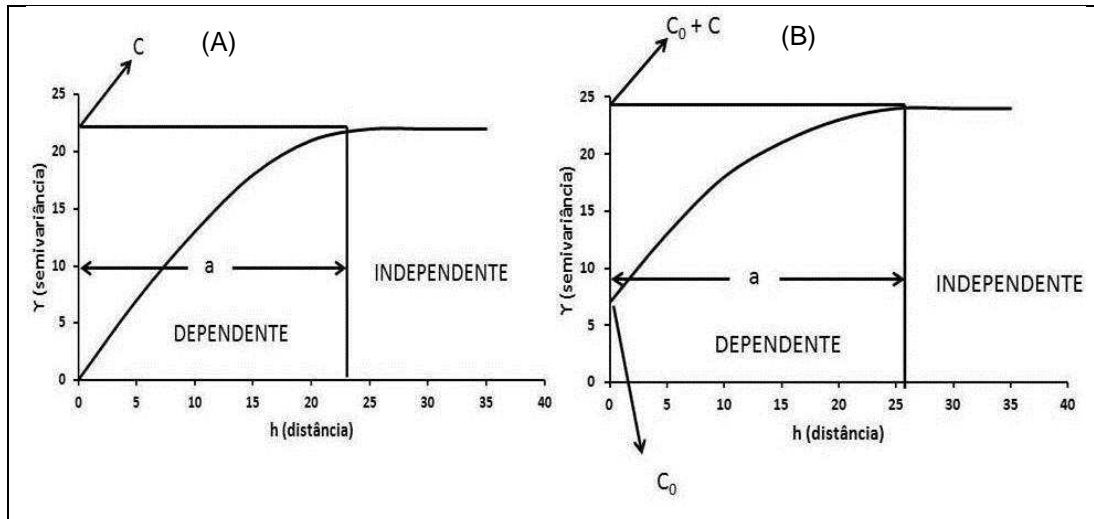


Figura 1: Semivariograma sem efeito pepita (A) e com efeito pepita (B)

Os principais modelos de semivariograma com patamares utilizados na geoestatística são o esférico (eq. 2a e 2b), exponencial (eq. 3) e gaussiano (eq. 4).

$$\gamma(h) = C_0 + C * \left[\left\{ \frac{3}{2} * \left(\frac{h}{a} \right) \right\} - \left\{ \frac{1}{2} * \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right\} \right] \quad \text{Modelo esférico } 0 \leq h \leq a \text{ (eq. 2a)}$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \quad \text{Modelo esférico } h > a \text{ (eq. 2b)}$$

$$\gamma(h) = C_0 + C * \left[1 - e^{\left\{ -3 * \left(\frac{h}{a} \right) \right\}} \right] \quad \text{Modelo exponencial } 0 \leq h \leq a \text{ (eq. 3)}$$

$$\gamma(h) = C_0 + C * \left[1 - e^{\left\{ -3 * \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right\}} \right] \quad \text{Modelo gaussiano } 0 \leq h \leq a \text{ (eq. 4)}$$

em que:

$\gamma(h)$: semivariância;

$C_0 + C$: patamar;

h: distância entre os pontos;
a: alcance do modelo.

Após o ajuste de um dos modelos supracitados, deve-se analisar o índice de dependência espacial (IDE) que o atributo em estudo apresenta. A classificação do IDE proposta por Cambardella et al. (1994) pode ser vista na Tabela 4 e o cálculo é conforme a equação 5.

Tabela 4. Valores de interpretação do IDE

Classificação	IDE
Fraco	IDE > 75%
Moderado	25% < IDE ≤ 75%
Forte	IDE ≤ 25%

Fonte: Cambardella et al. (1994)

$$IDE = \frac{C_0}{C_0 + C} \quad (\text{eq. 5})$$

O IDE deve ser analisado, pois não adianta os dados possuírem dependência espacial, mas esta ser fraca (pequena), pois neste caso a interferência do valor de uma amostra sobre o valor da outra será ínfima e esse modelo ajustado não será capaz de gerar uma interpolação confiável.

Analisados a dependência e o IDE, a escolha do modelo seguirá os critérios adotados pelo **software GS+** (ROBERTSON, 1998) que utiliza a menor soma do quadrado dos resíduos (SQR) e o maior coeficiente de determinação (R^2).

2.5. KRIGAGEM

2.5.1. Krigagem Ordinária

A krigagem é um método de interpolação e recebeu esse nome em homenagem aos trabalhos desenvolvidos por Krige (1951), citado por Vieira (1995).

A krigagem ordinária utiliza as informações geradas por meio do ajuste do semivariograma para determinar os pesos a serem utilizados na estimação dos valores para os locais não amostrados (LANDIM e STURARO, 2002). Ainda segundo estes autores, a krigagem ordinária utiliza-se de médias móveis ou flutuantes para a estimação dos valores.

A aplicação da técnica de krigagem, ou seja, a interpolação dos dados é feita conforme a equação 6.

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j \gamma(X_i, X_j) + \mu = \gamma(X_i, X_0), 1 = 1, N \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1 \quad (\text{eq. 6})$$

em que:

$\gamma(X_i, X_j)$: semivariância estimada por meio do ajuste do modelo, correspondendo a distância entre os pontos localizados na posição X_i, X_j ;

$\gamma(X_i, X_0)$: semivariância correspondente a distância entre os pontos localizados na posição X_i e X_0 .

A associação da minimização da variância com pesos e o multiplicador de Lagrange, permite a estimação dos valores de Z no espaço amostrado para qualquer posição X_0 .

Segundo Silva Júnior (2001) a interpolação pelo método da krigagem é uma consequência da análise espacial, pois a partir do ajuste do modelo é possível interpolar valores para locais não amostrados em função dos valores dos seus vizinhos, e assim, elaborar mapas de isolinhas, demonstrando a espacialização do atributo em estudo.

As isolinhas são as linhas ou classes em que o mapa gerado é dividido, indicando por meio das mesmas cores as localidades com os mesmos valores, ou seja, as linhas de valores idênticos.

É válido lembrar, que a interpolação pode ser feita a partir de qualquer ajuste de semivariograma, mas para que se obtenha um bom resultado pela aplicação do método é necessário que o modelo de semivariograma ajustado possua um alto grau de dependência espacial, bem como um bom coeficiente de determinação, pois caso contrário, o mapa gerado a partir do interpolador não possuirá valores confiáveis.

O método da krigagem tem sido frequentemente utilizado em trabalhos de análise espacial. Conforme Silva Júnior (2001) esse método estima o valor dos locais não amostrados por meio da interpolação dos pontos vizinhos, não apresentando tendenciosidade e variância mínima.

Para Fietz (1998) a não tendenciosidade dos dados acontece quando os valores medidos e estimados para um ponto apresenta diferença nula.

SegundoVieira et al. (2002) o mínimo desvio entre os valores conhecidos, indica a ocorrência da mínima variância possível.

Atualmente a interpolação pelo método da krigagem tem sido utilizada com maior frequência na silvicultura, pois é uma técnica que visa minimizar a variância estimada. Sendo assim, essa técnica possibilita a identificação das áreas de menor fertilidade da área de estudo a partir da análise dos dados do solo e por consequência possibilita a geração de mapas que indiquem a necessidade de uma adubação diferenciada na área. No entanto, o seu uso não restringe apenas a essa aplicação, a interpolação também pode ajudar o produtor e/ou o pesquisador a identificar as áreas com maior índice de ataque de uma praga ou doença, áreas de maior produtividade dentro do talhão ou da propriedade, locais com camada compactada no subsolo, as áreas mais suscetíveis a erosão em função dos menores teores de argila e matéria orgânica, entre outras aplicações.

2.5.2. Krigagem Indicativa

A técnica de krigagem indicativa tem sido utilizada por diversas áreas de pesquisa, e dentre elas encontra-se a ciência dos solos.

Segundo Landim e Sturaro (2002) a técnica de krigagem indicativa foi desenvolvida por Journel (1983) e tem como fundamento a estimativa da probabilidade de ocorrência de um evento em função da distribuição de probabilidades acumuladas. Ainda segundo estes autores a krigagem indicativa é uma aplicação da krigagem ordinária sobre a variável transformada Z, ou seja, consiste-se na aplicação de uma função binária em que $f(z) = 0$ ou 1 .

A krigagem indicativa é utilizada em casos em que o principal objetivo do trabalho não se baseia apenas na estimação de valores para locais não amostrados, mas sim, na estimação da probabilidade de ocorrência de valores menores ou iguais ou maiores do um valor crítico de corte.

Para a aplicação da krigagem indicativa é necessário que se realize a transformação dos dados originais em indicadores. A transformação dos dados é feita com base em um nível de corte, conforme equação 7.

$$i = \begin{cases} 0 & \text{se } V_o > V_c \\ 1 & \text{se } V_o \leq V_c \end{cases} \quad (\text{eq. 7})$$

em que:

i : valor do indicador;

V_o : valor observado;

V_c : valor crítico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado no Sul do Estado do Espírito Santo (ES), no município de São José do Calçado (Figuras 2a e 2b), localizado nas coordenadas UTM: Norte 7.682.793,845 m; Sul 7.682.564,753 m; Leste 226.112,751 m; e Oeste 226.620,572 m (Projeção Universal Transversa de Mercator – **DATUM WGS-84 Fuso 24S**).

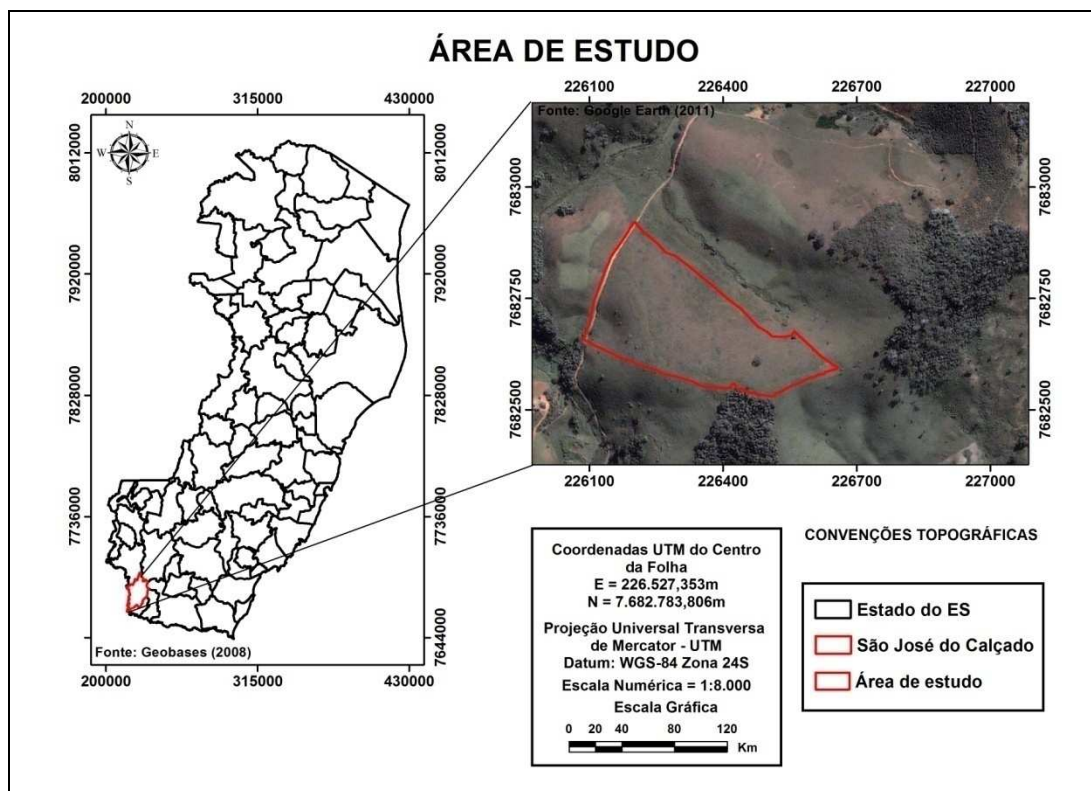


Figura 2a: Mapa de localização da área de estudo, São José do Calçado, Suldo ES, com o cultivo da pastagem.

Fontes: Geobases (2008); Google Earth (2011).

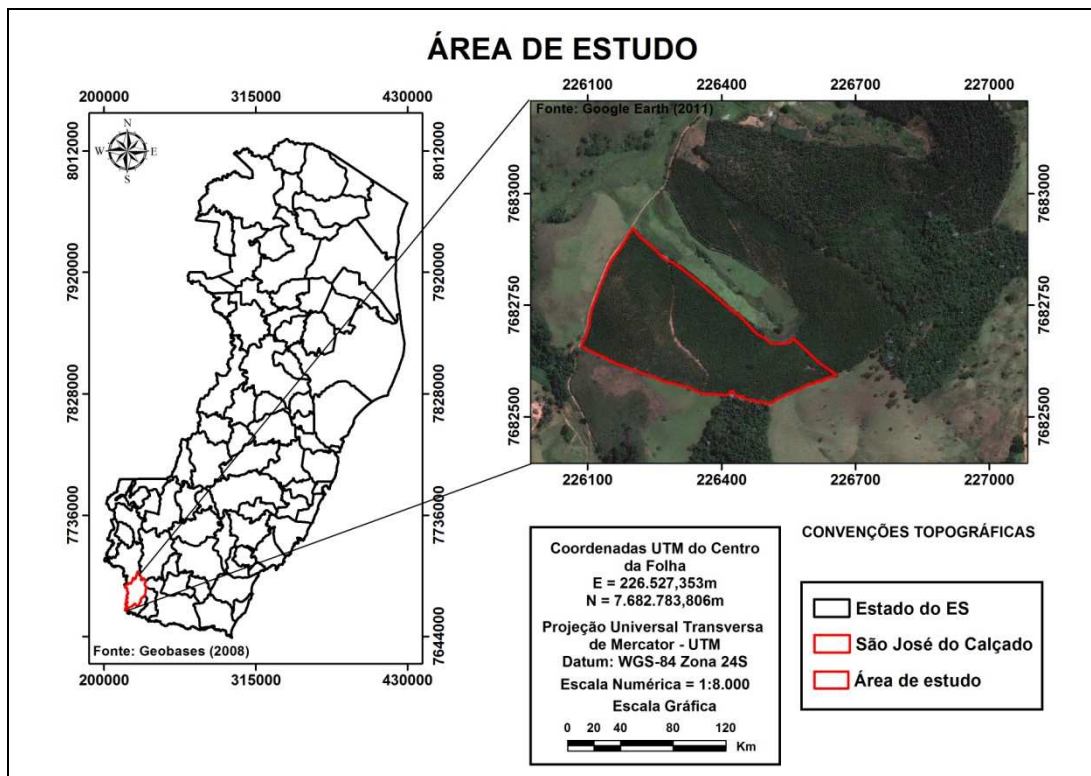


Figura 2b: Mapa de localização da área de estudo, São José do Calçado, Suldo ES, com o cultivo do eucalipto.

Fontes: Geobases (2008); Google Earth (2011).

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os estudos foram realizados em uma área cultivada com pastagem até o ano de 2008, que possuía o predomínio de gramíneas das espécies **Brachiaria brizantha** Hochst Stapf, popularmente conhecida por capim braquiária e **Melinis minutiflora** P. Beauv. conhecida como capim gordura. Em novembro de 2008 foi realizada a implantação de um povoamento florestal de eucalipto com 10,02 ha sobre a área de cultivo de pastagem. O eucalipto foi implantado em dois sistemas de cultivo sendo um manual e o outro mecanizado, para a produção de eucalipto para celulose, cultivada com o híbrido desenvolvido pela Fibria, por meio do cruzamento do **Eucalyptus grandis** W. Hill ex. Maiden x **Eucalyptus urophylla** S.T. Blake, com mudas clonais.

O preparo manual do solo consistiu apenas no coveamento para o transplântio das mudas, enquanto no preparo mecanizado foi utilizado um subsolador-adubador de haste única, lisa e de formato parabólico adaptado para o rompimento das camadas compactadas do subsolo a no mínimo 0,50 m de profundidade (PEREIRA, 2010).

As áreas de preparo manual e mecanizado podem ser identificadas na Figura 3.

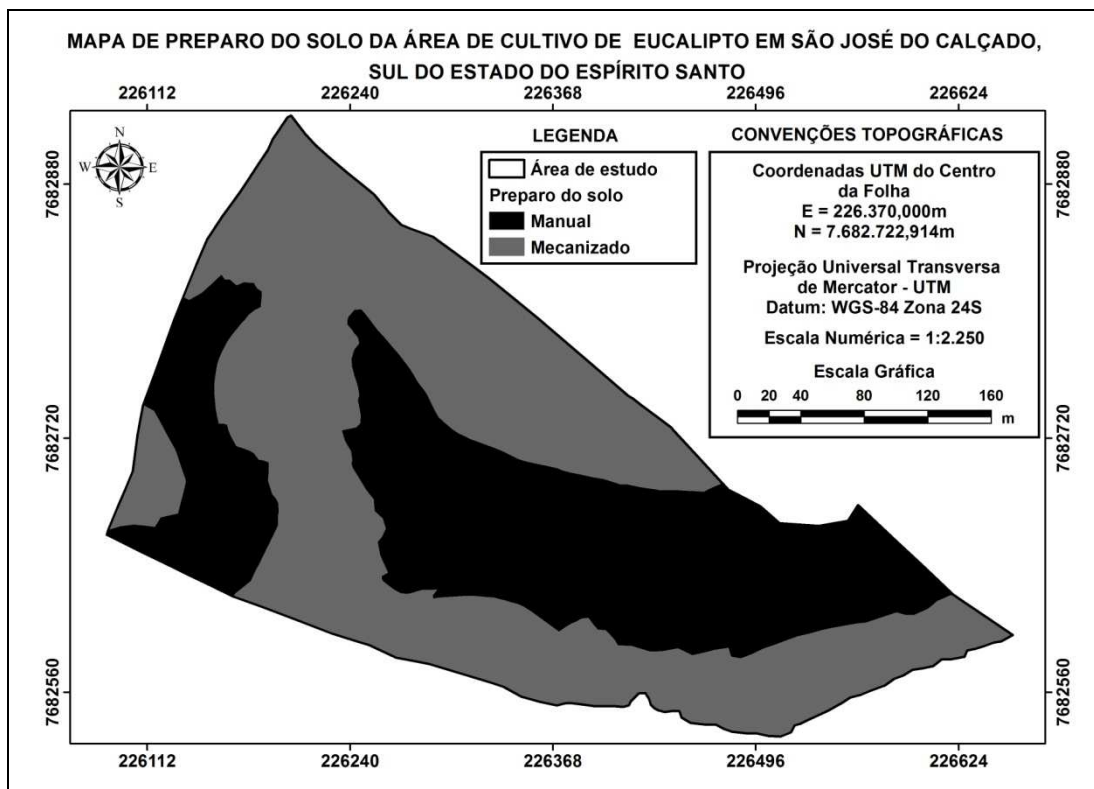


Figura 3: Mapa de preparo do solo para a área de cultivo de eucalipto, São José do Calçado, Sul do ES.

Fonte: Adaptado de Pereira (2010).

Para a eliminação da pastagem existente na área de estudo durante a fase de limpeza e preparo inicial do solo efetuou-se uma roçada com uso de foice seguida de uma capina química realizada com o uso de herbicida aplicado por um pulverizador costal apenas nas faixas de plantio para a área sob preparo manual, enquanto que na área de preparo mecanizado a roçada também foi realizada com o uso de foices e a capina química nas faixas de plantio foi feita com herbicida aplicado por um trator nas áreas menos declivosas e com o pulverizador costal nas áreas mais declivosas (PEREIRA, 2010). Ainda segundo este autor no período de manutenção florestal foi realizado uma capina química pós-plantio em área total com o uso de um pulverizador costal na área de preparo manual e mecanizado.

A área possui um relevo variando de suavemente ondulado a montanhoso (Figura 4), com o predomínio do solo da classe do Latossolo Vermelho-Amarelo, caracterizado por apresentar solos vermelho amarelados,

profundos e pobres, ou seja, possuem baixos teores de nutrientes, médios teores de ferro e altos teores de alumínio.

Os valores médios dos atributos químicos do solo para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios dos atributos químicos do solo

Cultura	Atributos químicos					
	P	K	Na	Ca	Mg	Al
	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		
Pastagem	1,69	19,45	0,22	0,36	0,17	1,13
Eucalipto	3,77	19,50	---	54,00	16,80	---

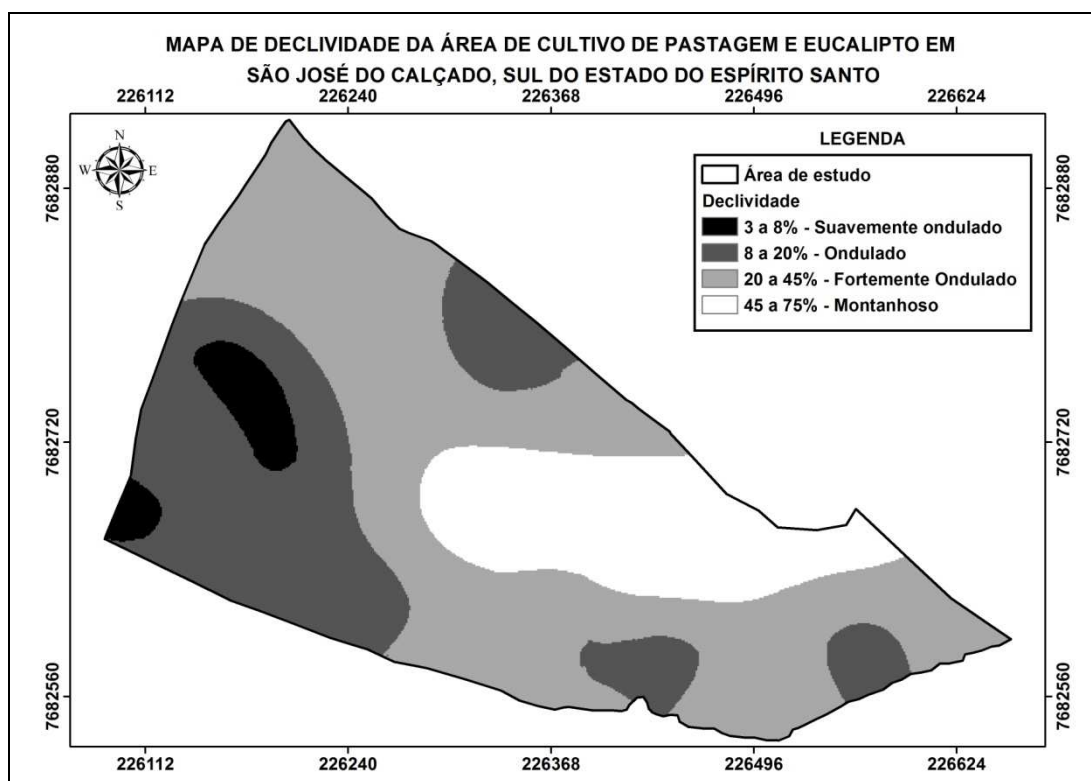


Figura 4: Mapa de declividade da área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.

A altitude da área de estudo varia de 577 a 678 m (Figura 5).

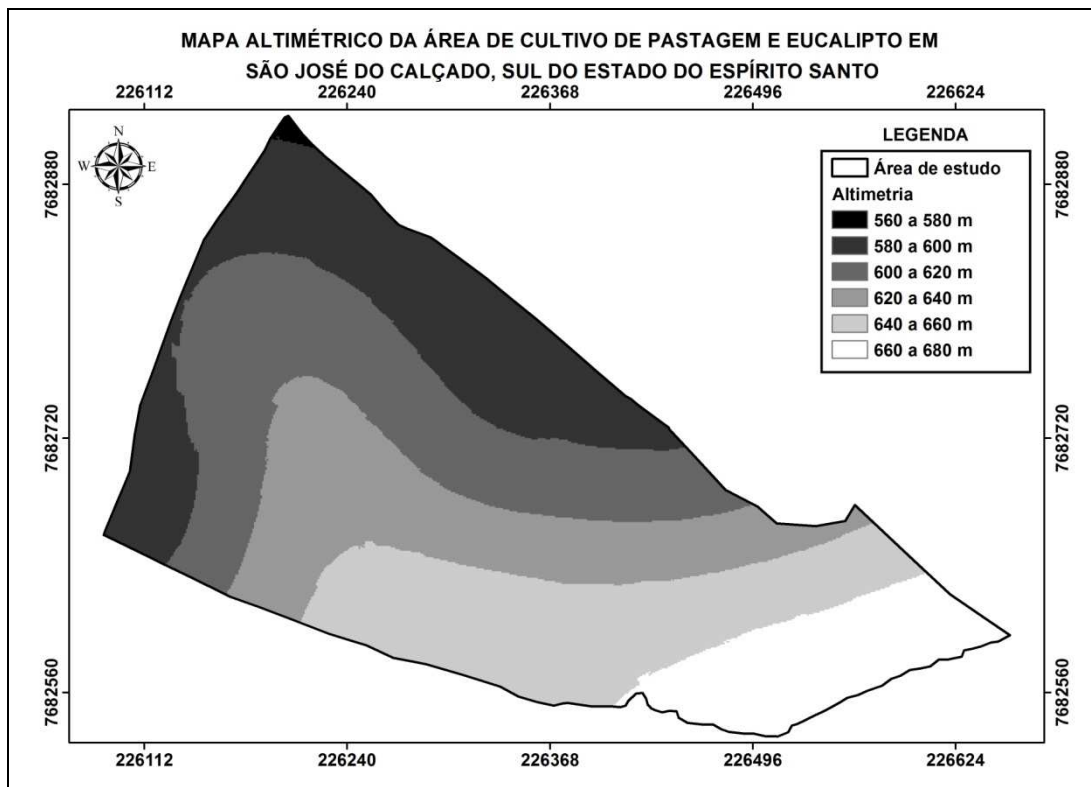


Figura 5: Mapa altimétrico da área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.

3.3. METODOLOGIA

As marcações dos pontos de estudo foram realizadas no ano de 2008 em uma área de pastagem que posteriormente foi substituída pelo reflorestamento com eucalipto. Por meio do uso de **GPS**, construiu-se uma malha regular de 33x33 m entre cada ponto, totalizando-se 94 pontos amostrais na área de estudo. Obteve-se as coordenadas UTM e as cotas de altitude para cada ponto amostral (PEREIRA, 2010). A localização dos pontos amostrais pode ser observada na Figura 6.

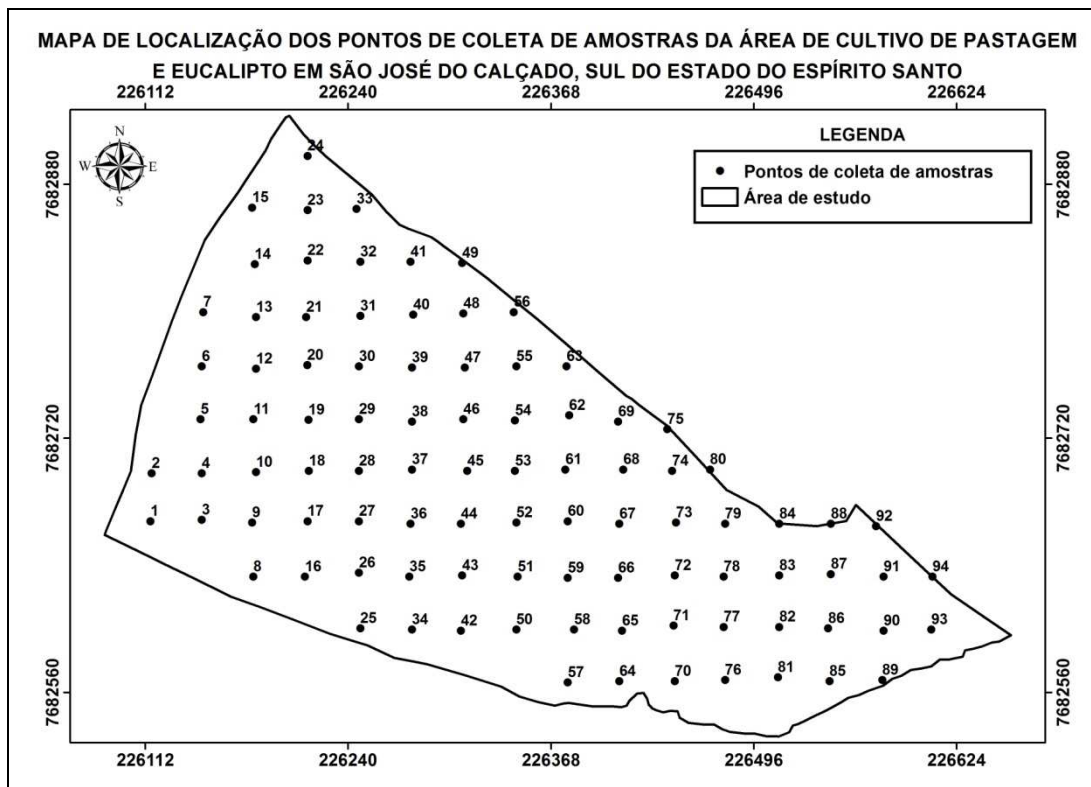


Figura 6: Mapa de localização dos pontos amostrais na área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.
 Fonte: Adaptado de Pereira (2010).

As coletas das amostras de solo foram realizadas na camada de 0,00 - 0,20 m de profundidade. A primeira coleta referente ao cultivo da pastagem foi feita em novembro de 2008, sendo que destas amostras foram obtidos os teores de matéria orgânica (MO %), argila, silte, areia total, areia grossa, areia fina e areia muito fina (%). A segunda coleta referente ao cultivo do eucalipto foi realizada em novembro de 2011 (três anos de cultivo do eucalipto) eo solo foi passado em peneira de dois mm e seco ao ar, posteriormente foi quantificado o teor de MO conforme EMBRAPA (1997).

Para a realização do estudo utilizou-se os dados de precipitação da agência nacional de águas (ANA) provenientes de 81 postos pluviométricos distribuídos no Estado e disponibilizados gratuitamente por meio do sistema nacional de informações sobre recursos hídricos (SNIRH), disponíveis no endereço eletrônico <http://portalsnirh.ana.gov.br/Esta%C3%A7%C3%B5esdaANA/tabid/359/Default.aspx>, com séries mínimas de mais de 25 anos (Figura 7). A localização e a identificação de cada município pertencente ao Estado do ES podem ser observadas nos anexos 1 e 2, respectivamente.



Figura7: Mapa de localização dos postos pluviométricos da ANA no ES.

Conforme Bertoni e Tucci (2004), as séries históricas devem passar por análises preliminares, verificando-se a necessidade do preenchimento de falhas caso estas existam e a homogeneidade dos dados preenchidos com os dados das estações vizinhas.

O preenchimento das falhas nas séries de dados dos postos pluviométricos que se fez necessário foi realizado por meio do método da ponderação regional descrito por Bertoni e Tucci (2004), conforme equação 8.

$$P_e = \frac{1}{n} * \left[\left(\frac{P_{\mu e}}{P_{\mu b}} * P_b \right) + \left(\frac{P_{\mu e}}{P_{\mu c}} * P_c \right) + \left(\frac{P_{\mu e}}{P_{\mu d}} * P_d \right) \right] \quad (\text{eq. 8})$$

em que:

P_e : precipitação do posto a ser estimado (mm);

n : número de estações vizinhas utilizadas para a estimação do P_e ;

$P_{\mu e}$: precipitação média do mês ou ano do posto a ser estimado (mm);

$P_{\mu b}$; $P_{\mu c}$ e $P_{\mu d}$: precipitações médias do mês ou ano das 3 estações vizinhas (mm);

P_b ; P_c e P_d : precipitações do mês ou ano das 3 estações vizinhas (mm).

Para o preenchimento das falhas utilizou-se três postos vizinhos e suas escolhas foram baseadas: na proximidade dos pontos; na semelhança climática entre os postos (altitude e precipitação) e na ausência de falhas nos mesmos períodos.

A homogeneidade dos dados de precipitação foi testada pelo método da curva de dupla massa desenvolvida pela **GeologicalSurvey (USA)** apresentado por Bertoni e Tucci (2004).

Por meio da precipitação anual acumulada foi construído um gráfico de dispersão utilizando-se os valores médio da precipitação anual das três estações vizinhas no eixo X e os valores anuais da estação estimada no eixo Y. Segundo Bertoni e Tucci (2004) a homogeneidade dos dados é comprovada se o gráfico apresentar um alinhamento conforme uma reta.

A estatística descritiva dos dados de precipitação preenchidos e homogeneizados utilizados na estimação da erosividade das chuvas para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto podem ser observados na Tabela6.

Tabela 6. Análise descritiva dos dados de precipitação pluviométrica para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto

Precipitação (mm)	Medidas de posição							Medidas de dispersão				
	n	Mín.	Máx.	Média	Md.	1º Q	3º Q	s	CV(%)	C _S	C _K	K-S
Janeiro ¹	81	79,9	578,1	170,5	159,4	134,8	191,1	65,9	38,6	3,2	17,6	*
Janeiro ²	81	69,4	250,2	141,4	139,5	114,2	162,4	36,5	25,8	0,4	0,0	ns
Fevereiro ¹	81	78,5	451,2	133,5	127,8	108,9	145,8	44,3	33,2	4,7	32,8	*
Fevereiro ²	81	7,8	151,5	58,5	49,7	35,6	76,0	31,3	53,5	0,9	0,3	ns
Março ¹	81	63,2	563,4	153,8	148,5	132,1	167,4	56,0	36,4	4,9	35,7	*
Março ²	81	105,9	429,9	242,6	226,8	168,5	313,0	83,1	34,3	0,4	-0,9	ns
Abril ¹	81	29,9	431,2	92,5	87,8	71,3	100,9	45,6	49,3	5,2	38,1	*
Abril ²	81	62,6	257,7	153,7	139,8	117,1	187,6	49,1	31,9	0,5	-0,7	ns
Maió ¹	81	23,3	157,6	49,3	42,4	34,5	58,7	21,6	43,8	2,0	6,8	*
Maió ²	81	10,3	108,5	42,4	39,8	28,5	54,9	19,7	46,4	0,8	1,1	ns
Junho ¹	81	11,1	175,8	40,9	32,2	23,3	57,6	25,7	62,8	2,1	8,1	*
Junho ²	81	7,7	60,0	28,8	26,8	20,7	36,8	12,1	42,1	0,7	-0,1	ns
Julho ¹	81	6,4	216,8	37,2	30,2	19,8	50,1	28,9	77,5	3,3	17,8	*
Julho ²	81	3,8	154,8	48,2	39,9	24,7	65,7	30,2	62,6	1,0	1,2	ns
Agosto ¹	81	5,0	162,4	34,6	29,8	21,1	43,3	21,3	61,6	3,0	15,6	ns
Agosto ²	81	3,3	83,0	23,8	19,2	12,6	33,0	14,6	61,6	1,4	2,5	ns
Setembro ¹	81	25,0	254,6	65,7	60,7	47,8	77,8	30,2	45,9	3,3	18,4	ns
Setembro ²	81	4,6	79,7	30,2	24,9	16,9	42,9	17,9	59,3	0,9	0,1	ns
Outubro ¹	81	43,4	298,0	80,8	76,0	61,9	90,2	32,0	39,6	4,1	26,0	*
Outubro ²	81	89,4	360,7	178,6	170,8	149,0	197,3	47,8	26,8	1,2	2,2	ns
Novembro ¹	81	165,2	1.061,2	248,0	228,4	210,6	260,6	100,2	40,4	6,8	55,4	*
Novembro ²	81	102,0	299,4	193,7	189,6	165,6	215,8	41,6	21,5	0,3	-0,1	ns
Dezembro ¹	81	169,0	778,6	251,9	241,5	204,5	278,4	78,1	31,0	4,0	25,2	*
Dezembro ²	81	72,4	435,8	226,6	214,3	161,7	287,3	82,0	36,2	0,3	-0,7	ns

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Precipitação (mm)	Medidas de posição							Medidas de dispersão				
	n	Mín.	Máx.	Média	Md.	1° Q	3° Q	s	CV(%)	C _s	C _k	K-S
Anual ¹	81	860,6	5.128,9	1.358,8	1.267,5	1.137,1	1.449,0	483,4	35,6	6,1	46,9	*
Anual ²	81	871,9	2.033,7	1.368,4	1.307,9	1.126,4	1.582,5	290,6	21,2	0,4	-0,8	ns

¹ período de cultivo da pastagem entre os anos de 1999 a 2008; ² período de cultivo do eucalipto entre os anos de 2009 a 2011; n: número de amostras; Mín: mínimo; Máx: máximo; Md: mediana; 1° Q: primeiro quartil; 3° Q: terceiro quartil; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; C_s: coeficiente de assimetria; C_k:coeficiente de curtose; K-S : teste de normalidade de kolmogorov-Smirnov; *: distribuição não normal pelo teste de kolmogorov-Smirnov (p<0,05); ns: distribuição normal pelo teste de kolmogorov-Smirnov (p<0,05).

Após o preenchimento das falhas e a verificação da homogeneidade dos dados, foi realizada a estimativa da erosividade mensal para cada uma das 81 estações pluviométricas em atividade no Estado do ES com o uso da equação 9, proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999). Para tanto, utilizou-se os dados climatológicos provenientes das estações pluviométricas da ANA. A erosividade anual foi estimada efetuando-se o somatório da erosividade mensal. A análise espacial dos dados e a interpolação dos resultados foram realizadas utilizando o **software GS+**.

Devido ao fato de não existir uma equação confiável para o Estado do Espírito Santo, adotou-se trabalhar com o modelo proposto por Bertoni e Lombardi Neto (1999). A escolha desta equação foi baseada no fato da mesma já ter sido utilizada por vários autores em seus estudos e em diferentes locais, como Vieira e Lombardi Neto (1995) no Estado de São Paulo; Aquino, Oliveira e Sales (2006) no Estado do Piauí; Silva et al. (2010) para o próprio Estado do Espírito Santo; e Souza (2010) para o Estado do Paraná.

Para determinar a erosividade (R_x) na área experimental cultivada com pastagem utilizou-se uma série de 10 anos (1999 a 2008) e para o cultivo do eucalipto uma série de 3 anos (2009 a 2011). Após a estimativa da erosividade mensal foi realizada a análise da dependência espacial e quando a mesma existiu, foi realizada a interpolação dos dados para os demais locais do Estado. Os semivariogramas ajustados foram escalonados pela variância dos dados o que possibilitou a padronização da escala e facilitou a interpretação dos seus resultados. Os mapas gerados foram editados no **software ArcGis®** 10.0. Os mapas de erosividade foram reclassificados com as mesmas classes para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto, para que se pudesse compará-los posteriormente.

$$R_x = 67,355 * \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \quad (\text{eq. 9})$$

em que:

R_x : erosividade média mensal da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$);

r^2 : precipitação média mensal (mm);

P : precipitação média anual (mm).

Para todos os processos de interpolação realizados no desenvolvimento do estudo, adotou-se o valor do alcance do modelo de semivariograma ajustado como sendo o raio de ação para a interpolação dos dados, pois segundo Trangmar, Yost e Uehara (1985) para a interpolação por técnicas de krigagem o alcance é que define o raio máximo para o uso de amostras vizinhas para a realização deste processo.

Já foram desenvolvidos alguns estudos sobre a erosividade das chuvas com séries inferiores às propostas pela literatura. Dentre estes estudos, podemos citar os desenvolvidos por Marques et al. (1997), Silva et al. (1997); Bertol et al. (2002); Martins (2005); Montebeller (2005) e Montebeller et al. (2007).

Com os mapas temáticos de R das chuvas foi possível identificar os valores deste fator para o cálculo da perda de solo pelo método EUPS. Os valores de R foram obtidos por meio da identificação da erosividade em cada um dos 94 pontos amostrais dentro da área de estudo e posteriormente, realizou-se a ponderação destes valores adotando um único valor para a área de estudo, conforme a equação 10. A identificação dos valores de cada ponto amostral foi obtida por meio da ferramenta **identify** do **software ArcGis®** 10.0., que consistiu no posicionamento do cursor sobre os pontos amostrais localizados nos mapas de erosividade dentro da área de estudo.

$$\mu_p = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{(X_i * f)}{n} \quad (\text{eq. 10})$$

em que:

μ_p : média ponderada;

$\sum_{i=0}^{i=n}$: somatório;

X_i : valor de cada ponto;

f : frequência de cada valor;

n : número total de dados amostrados.

Após a determinação da erosividade das chuvas, foi calculada a probabilidade de ocorrência de locais com erosividade mensal e anual superiores ao terceiro quartil para todo o Estado do Espírito Santo. Para tanto, foi-se utilizada à técnica de krigagem indicativa onde os valores de erosividade

menores do que o terceiro quartil de cada mês ou do ano foi classificado com valor igual a zero e os locais com valores iguais ou superiores ao terceiro quartil foram classificados com valor igual a um. Para o cálculo da probabilidade de ocorrência utilizou-se os valores de erosividade das chuvas compreendidos entre os anos de 1999 a 2011, período este que englobou o cultivo das espécies de pastagem e eucalipto.

A erodibilidade do solo foi estimada para a época de cultivo de pastagem no período de 1999 a 2008, bem como para o povoamento florestal de eucalipto no período de 2009 a 2011, por meio do modelo proposto por Wischmeier, Jonhson e Cross (1971), conforme a equação 11.

$$K = \left\{ \frac{[2,1 * (10^{-4}) * (12 - MO) * M^{1,14} + 3,25 * (EST - 2) + 2,5 * (PER - 3)]}{100} \right\} * 0,1317 \quad (\text{eq. 11})$$

em que:

K: erodibilidade do solo (Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹);

MO: teor de matéria orgânica (%);

M: (% silte+ % areia muito fina) * (100 - % de argila), sendo a análise granulométrica feita com NaOH 1mol L⁻¹;

EST e *PER*: códigos adimensionais, que correspondem a estrutura e permeabilidade do solo, respectivamente, segundo Wischmeier, Jonhson e Croos (1971).

De acordo com Foster et al. (1981) o fator 0,1317 da equação acima, refere-se a transformação dos valores de *K* para o sistema internacional de medidas.

Determinaram-se os valores de *K* para cada ponto amostral para a ocupação da área com pastagem e com a cultura do eucalipto, assumindo *EST* e *PER* como três e quatro, respectivamente. A análise da dependência espacial da erodibilidade do solo foi realizada utilizando o **software GS+**, gerando os mapas de erodibilidade do solo para a área de estudo, de acordo com cada cultura.

Obteve-se os mapas dos teores de *MO* na área com pastagem e com eucalipto. De posse desses mapas dos teores de *MO* dos anos de 2008 e 2011, foi realizada uma operação algébrica com o uso do **software ArcGis® 10.0** para a quantificação e obtenção das regiões em que houve redução ou

incremento dos teores de MO, conforme equação 12 apresentada por Azevedo (2004) e Souza (2009).

$$\text{Redução/incremento}_{MO(\%)} = \frac{\text{Mapa}_{MO2011} - \text{Mapa}_{MO2008}}{\text{Mapa}_{MO2008}} * 100 \quad (\text{eq. 12})$$

em que:

$\text{Redução/incremento}_{MO(\%)}$: mapa de redução ou incremento de MO (%);

Mapa_{MO2008} : mapa de MO do ano de 2008 (dag Kg⁻¹);

Mapa_{MO2011} : mapa de MO do ano de 2011 (dag Kg⁻¹).

Para a obtenção da declividade da área de estudo, utilizou-se o teorema de Pitágoras para se identificar a distância horizontal (dh) entre cada ponto amostral, conforme equação 13.

$$dh = \sqrt{h^2 - dn^2} \quad (\text{eq. 13})$$

em que:

dh: distância horizontal (m);

h: hipotenusa (m) (adotou-se 33m em função da distância de cada ponto amostral);

dn: diferença de nível entre cotas (m).

A partir das cotas altimétricas dos pontos amostrais foi calculada a declividade para cada ponto, com o auxílio da equação 14.

$$D(\%) = \left(\frac{dn}{dh} \right) * 100 \quad (\text{eq. 14})$$

em que:

D(%): declividade (%);

dn: diferença de nível entre cotas (m);

dh: distância horizontal (m).

De posse dos dados de declividade em cada ponto, foi realizada a análise espacial e a interpolação dos dados, gerando um mapa de declividade para toda a área de estudo.

O fator LS que é o fator topográfico da EUPS, foi obtido por meio da equação 15, proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999).

$$LS = 0,00984 * C^{0,63} * D^{1,18} \quad (\text{eq. 15})$$

em que:

LS: fator topográfico (adimensional);
C: extensão da vertente (m);
D: grau de declividade (%).

Os valores dos fatores *C* e *P* utilizados no estudo foram obtidos por meio de consultas literárias. Esses valores podem ser observados nas Tabelas 2 e 3. Adotou-se o valor de 0,0025 e 0,01 para o fator *C* (Tabela 2), referentes a pastagem e o eucalipto, respectivamente. Para o fator *P* adotou-se valor igual a um para ambas as culturas (Tabela 3).

O cálculo da perda de solo da área foi realizado por meio da EUPS (equação 16) proposta por Wischmeier e Smith (1978), em uma área de pastagem e nesta mesma área depois de três anos da implantação de um povoamento florestal de eucalipto. O cálculo foi realizado com o auxílio da ferramenta **Raster Calculator** do **software ArcGis® 10.0**.

$$A = R * K * LS * C * P \quad (\text{eq. 16})$$

em que:

A: perda de solo ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);
R: erosividade média mensal da chuva ($\text{MJ mm h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$);
K: erodibilidade do solo ($\text{Mg ha MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$);
LS: fator topográfico que combina o efeito do grau de declividade (*S*) e do comprimento (*L*) da encosta;
C: fator de cobertura vegetal;
P: fator práticas conservacionistas.

A perda de solo foi estimada para cada um dos 94 pontos amostrais e posteriormente foi realizada a análise de dependência espacial e a estimação dos valores para toda a área de estudo, criando assim os mapas de perda de solo para a área com pastagem e para a área com cultivo de eucalipto.

De posse dos mapas de perda de solo da área de pastagem e de eucalipto, efetuou-se o cálculo da redução ou aumento da perda de solo na área de eucalipto quando comparada com a área de pastagem, conforme equação 17, apresentada por Azevedo (2004) e Souza (2009).

$$MRA_{PS} = \frac{MPS_P - MPS_E}{MPS_P} * 100 \quad (\text{eq. 17})$$

em que:

MRA_{PS} : mapa da redução ou aumento da perda de solo (%);

MPS_P : mapa de perda de solo da pastagem ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$);

MPS_E : mapa de perda de solo do eucalipto ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$);

Após a determinação do MRA_{PS} , o mesmo foi reclassificado e os valores médios de cada classe associados à área das mesmas foram utilizadas para se determinar o índice de perda de solo (IPS) conforme equação 18 apresentada por Azevedo (2004) e Souza (2009).

$$IPS = \frac{\sum_i^n VMC_i * AC_i + \dots + VMC_n * AC_n}{\sum_i^n AC_i + \dots + AC_n} \quad (\text{eq. 18})$$

em que:

IPS : índice de perda de solo;

VMC_i : valor médio da classe i ;

AC_i : área da classe i .

O IPS indica a intensidade com que a perda de solo variou do período de cultivo da pastagem para o eucalipto.

O perímetro à altura do peito (PAP; 1,3 m) foi obtido para cada ponto amostral e mais quatro árvores vizinhas em um raio de três m com o auxílio de uma fita métrica. Desta forma utilizou o valor médio destas cinco árvores como valor do ponto amostral. Com os valores do perímetro foi calculado o valor do diâmetro à altura do peito (DAP) por meio da equação 19.

$$DAP_i = \frac{PAP_i}{\pi} \quad (\text{eq. 19})$$

em que:

DAP_i : diâmetro à altura do peito em cada ponto i (cm);

PAP_i : perímetro à altura do peito em cada ponto i (cm);

π : pi (3,14159265).

Após a determinação do DAP foi calculada a área basal individual com o auxílio da equação 20.

$$AB_i = \frac{\pi * (DAP_i)^2}{4} \quad (\text{eq. 20})$$

em que:

AB_i : área basal individual (cm²);

π : pi (3,14159265);

DAP_i : diâmetro à altura do peito em cada ponto i (cm).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

As frações granulométricas e o teor de matéria orgânica (MO) utilizados para a estimativa da perda de solo e da análise de correlação dos mesmos com o PAP, DAP e a AB foram: argila (ARG); silte (SIL); areia muito fina (AMF) e MO.

4.1.1. Análise Descritiva

A análise descritiva das frações granulométricas e do teor de MO da área de estudo pode ser observada na Tabela 7.

Tabela 7. Análise descritiva das frações granulométricas e do teor de matéria orgânica da área de estudo utilizados na determinação da erodibilidade do solo

Frações granulométricas e teor de MO (%)	Medidas de posição							Medidas de dispersão				
	n	Mín.	Máx.	Média	Md.	1º Q	3º Q	s	CV(%)	C _s	C _k	K-S
ARG	94	31,3	75,1	50,0	49,6	44,7	56,0	7,6	15,3	0,0	0,3	ns
SIL	94	0,4	14,5	6,2	5,9	3,9	8,0	3,4	54,5	0,5	0,0	ns
AMF	94	1,2	4,9	2,8	2,7	2,4	3,1	0,6	20,7	0,7	1,3	ns
MO 2008	94	1,8	3,7	2,8a	2,8	2,5	3,0	0,4	14,4	-0,1	-0,4	ns
MO 2011	94	1,7	3,7	2,7a	2,8	2,5	2,9	0,4	14,1	-0,4	0,0	*

ARG: argila; SIL: silte; AMF: areia muito fina; MO 2008: teor de matéria orgânica no ano de 2008; MO 2011: teor de matéria orgânica no ano de 2011; n: número de amostras; Mín: mínimo; Máx: máximo; as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste t-Student ($p < 0,05$); Md: mediana; 1º Q: primeiro quartil; 3º Q: terceiro quartil; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; C_s: coeficiente de assimetria; C_k: coeficiente de curtose; K-S: teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; *: distribuição não normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$); ns: distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$).

As frações granulométricas e o teor de MO do solo em estudo apresentaram um valor médio de CV (Tabela 7), conforme classificação de Warrick e Nielsen (1980), pois valores de CV < 12% são baixos, valores de CV ≥ 12 e $\leq 60\%$ são médios e os valores de CV > 60% são altos. O valor do CV médio obtido para a ARG é contraditório ao resultado obtido por Souza et al. (2004), que encontrou um baixo CV. Os valores médios de CV encontrados para o SIL e a AMF são condizentes com o resultado obtido por Souza et al. (2004).

Analisando-se a Tabela 7 é possível identificar que os atributos ARG, SIL e AMF possuem distribuição assimétrica à direita, o que indica uma maior concentração dos dados abaixo da média, pois os valores da mediana são

inferiores aos valores da média dos dados. Para a MO no ano de 2011 os dados apresentaram distribuição assimétrica à esquerda, o que demonstra a existência de uma maior concentração dos dados acima da média, pois o valor da mediana é superior ao valor da média (Tabela 7).

O valor do C_K indica o grau de achatamento da curva de distribuição dos dados. As frações granulométricas do solo apresentaram distribuição leptocúrtica. A MO no ano de 2008 apresentou distribuição platicúrtica e a do ano de 2011 mesocúrtica (Tabela 7).

Com exceção da MO no ano de 2011, as frações granulométricas e o teor de MO no ano de 2008 em estudo apresentaram distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov em nível de 5% de probabilidade (Tabela 7).

Os teores de MO do período de cultivo da pastagem e do eucalipto não apresentaram diferença significativa em nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Student (Tabela 7), indicando uma manutenção do aporte de MO na área de estudo, ou seja, até o terceiro ano de implantação do povoamento florestal de eucalipto o processo de decomposição dos restos vegetais e a mineralização da MO do solo encontram-se em equilíbrio.

4.1.2. Análise Espacial

Os modelos e os parâmetros ajustados para os semivariogramas escalonados pela variância dos dados das frações granulométricas e do teor de matéria orgânica do solo cultivado com pastagem e eucalipto podem ser observados na Tabela 8 e nas Figuras 8a, 8b, 8c, 8d e 8e.

Tabela 8. Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados pela variância dos dados para as frações granulométricas e o teor de matéria orgânica do solo

Frações granulométricas e teor de MO (%)	Semivariograma					Validação cruzada		
	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)	r	CR
ARG	Esférico	142,0	0,2	1,1	15,7	96,5	0,7	1,0
SIL	Esférico	242,0	0,6	1,1	50,0	95,6	0,5	1,0
AMF	Esférico	114,0	0,1	1,0	5,7	89,3	0,7	0,9
MO 2008	Esférico	92,0	0,2	1,1	18,2	79,9	0,8	0,5
MO 2011	Esférico	118,0	0,5	1,0	49,7	88,1	0,3	0,7

ARG: argila; SIL: silte; AMF: areia muito fina; MO 2008: teor de matéria orgânica no ano de 2008; MO 2011: teor de matéria orgânica no ano de 2011; a: alcance; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial [C₀/(C₀+C)]; R²: coeficiente de determinação; r: coeficiente de correlação entre valores observados e estimados; CR: coeficiente da regressão da validação cruzada.

Com o ajuste dos modelos de semivariograma para as frações granulométricas e o teor de MO do solo foi atendida a exigência mínima da hipótese da estacionaridade intrínseca, que corresponde à obtenção de patamares definidos nos modelos ajustados, conforme David (1977). Desta forma, foi possível realizar a interpolação utilizando-se a krigagem ordinária e, por conseguinte estimar valores destes atributos para os locais da área de estudo não amostrados.

As frações granulométricas e o teor de MO do solo apresentaram dependência espacial com ajustes do modelo esférico (Tabela 8). O ajuste do modelo esférico obtido para a ARG corrobora com o resultado obtido por Vieira (1997), Souza et al. (2004) e Zucoloto et al. (2011). O modelo esférico ajustado para o SIL também é condizente com o resultado obtido por Vieira (1997) e Souza et al. (2004). Contudo, o modelo esférico ajustado para a AMF é um resultado contraditório ao obtido por Souza et al. (2004) que ajustaram o modelo exponencial. O ajuste para a MO nos anos de 2008 e 2011 é condizente com o resultado obtido por Lima, Souza e Silva (2011).

Ao analisar a Tabela 8 observar-se que com exceção da MO no ano de 2008, as frações granulométricas e o teor de MO 2011 apresentaram alcance superior a cem m. Conforme Corá et al. (2004) para se obter resultados confiáveis por meio da interpolação pela krigagem ordinária, é necessário que se tenha valores de alcance mais elevados. Ainda segundo estes autores, os mapas gerados a partir de alcances superiores a 100 m em seus estudos apresentam resultados confiáveis. Desta forma, os valores de alcance obtidos indicam que os resultados ilustrados por meio dos mapas temáticos das frações granulométricas e o teor de MO do solo, com exceção da MO no ano de 2008, são confiáveis.

Os baixos valores de C_0 de 0,1 (Tabela 8) encontrados para AMF, assim como o valor de 0,2 obtido para a ARG e a MO no ano de 2008, indicam o pequeno efeito ou a inexistência do efeito pepita sobre estes atributos, ou seja, quase não existe variância do acaso (não explicada pelo modelo) ou gerada a partir de erros na coleta, análise e/ou processamento dos dados amostrais. Para o SIL e a MO no ano de 2011, os valores de C_0 foram de 0,6 e 0,5, respectivamente (Tabela 8). Segundo Isaaks e Srivastava (1989) a amplitude de C_0 influencia na Krigagem, sendo que os menores valores possibilitam a obtenção da menor variância da estimativa.

O IDE indica o grau de dependência espacial apresentado pela característica em estudo. Os valores de IDE de 15,7; 5,7 e 18,2% (Tabela 8), obtidos para a ARG, AMF e MO no ano de 2008, respectivamente indicam um forte grau de dependência espacial, segundo a classificação de Cambardella et al. (1994). Segundo Silva et al. (2010) esse forte grau de dependência espacial indica a precisão e a confiabilidade dos valores estimados até o alcance do semivariograma para os locais não amostrados. Conforme Cambardella et al. (1994) os valores de IDE de 50,0 e 49,7% (Tabela 8) obtidos para o SIL e a MO no ano de 2011, respectivamente, indicam um moderado grau de dependência espacial.

Segundo Azevedo (2004) os melhores resultados obtidos na interpolação pelo método da krigagem ordinária é obtido quando o R^2 possui valores superiores a 50%. Desta maneira, os valores de R^2 de 96,5; 95,6; 89,3; 79,9 e 88,1% (Tabela 8) encontrados para ARG, SIL, AMF, MO no ano de 2008 e 2011, respectivamente, indicam que os resultados obtidos pela interpolação pelo método da krigagem são confiáveis, em função dos ajustes dos semivariogramas dos dados.

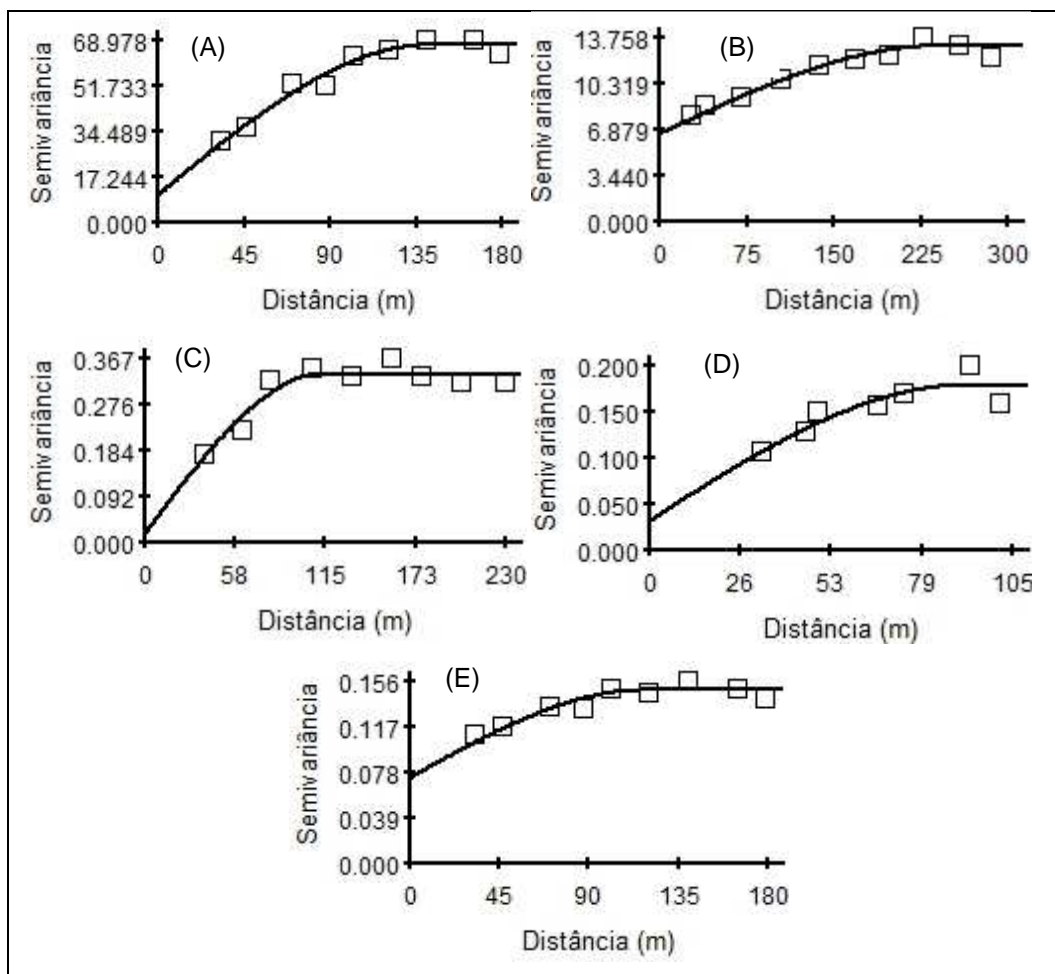


Figura 8: Semivariogramas da argila (A), silte (B), areia muito fina (C), matéria orgânica no ano de 2008 (D) e matéria orgânica no ano de 2011 (E) durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto.

Os valores dos coeficientes de correlação de 0,8; 0,7 e 0,7 (Tabela 8) obtidos para a validação cruzada dos ajustes dos semivariogramas da MO no ano de 2008, ARG e AMF, respectivamente, são considerados como forte, segundo Andriotti (2010). Segundo este mesmo autor, os valores de 0,5 e 0,3 encontrados para o SIL e a MO no ano de 2011 são moderados.

Os coeficientes da regressão igual a um (Tabela 8) obtidos para a ARG e o SIL, indicam que para cada unidade acrescida em X se obtêm uma unidade em Y. Para a AMF obtêm 0,9 (Tabela 8) em Y para cada unidade acrescida em X. Enquanto para a MO no ano de 2008 e 2011, se obtêm 0,5 e 0,7 unidades em Y para cada unidade acrescida em X, respectivamente.

A distribuição espacial dos atributos ARG, SIL, AMF, MO 2008 e MO 2011 podem ser observados nas Figuras 9a, 9b, 9c, 9d e 9e, respectivamente.

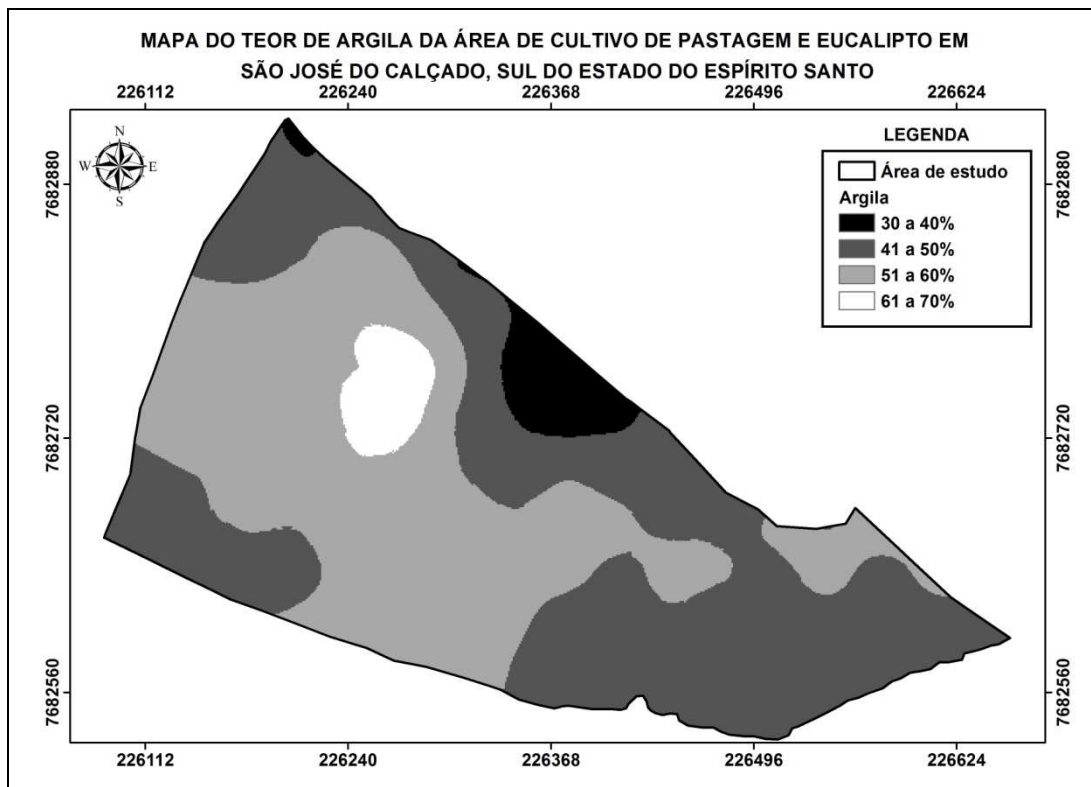


Figura 9a: Mapa do teor de argila durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.

A classe de maior declividade da área de estudo (Figura 4), classificada como relevo montanhoso, possui de 41 a 60% de ARG. Os menores teores de ARG que foram de 30 a 40% (Figura 9a) encontram-se na classe de relevo ondulado (Figura 4). Segundo Sanches et al. (2009) a variabilidade espacial dos atributos do solo são afetados pelo relevo, pois este direciona o fluxo de água da área.

Os teores de ARG de 30 a 40% (Figura 9a) encontram-se na classe de 580 a 600m de altitude (Figura 5).

A classe de maior declividade da área de estudo (Figura 4), classificada como relevo montanhoso, possui os menores teores de SIL, variando de 3,00 a 7,50% (Figura 9b). Os maiores teores de SIL foram obtidos na parte mais declivosa da área de estudo. Este fato é confirmado pela correlação negativa ($p < 0,05$) entre esse atributo e a declividade apresentado na Tabela 9.

A análise de correlação entre a altitude e a declividade com as frações granulométricas e o teor de matéria orgânica do solo, K e A, podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9. Coeficientes de correlação de Pearson entre a altitude e a declividade com as frações granulométricas, teor de matéria orgânica, redução ou incremento do teor de matéria orgânica, a erodibilidade e a perda de solo

Características	ALT	DEC	PS	ARG	SIL	AMF	MO 2008	MO 2011	RI MO E	K 2008	K 2011	A 2008	A 2011
ALT	1,00	0,03	-0,19	0,06	-0,10	-0,11	-0,29*	0,03	-0,33*	0,53*	0,53*	-0,01	-0,02
DEC		1,00	-0,43*	0,02	-0,21*	-0,30*	-0,32*	0,11	-0,44*	0,46*	0,47*	0,96*	0,96*
PS			1,00	-0,28*	0,09	0,29*	0,37*	0,29*	0,11	-0,21*	-0,20	-0,38*	-0,37*
ARG				1,00	-0,22*	-0,52*	-0,33*	-0,28*	0,00	-0,31*	-0,32*	-0,07	-0,08
SIL					1,00	0,23*	0,25*	0,12	0,13	-0,25*	-0,25*	-0,05	-0,04
AMF						1,00	0,49*	0,09	0,34*	-0,25*	-0,25*	-0,22*	-0,21*
MO 2008							1,00	0,31*	0,53*	-0,31*	-0,31*	-0,27*	-0,25*
MO 2011								1,00	-0,62*	0,23*	0,24*	0,12	0,12
RI MO E									1,00	-0,56*	-0,56*	-0,39*	-0,38*
K 2008										1,00	1,00*	0,41*	0,41*
K 2011											1,00	0,42*	0,42*
A 2008												1,00	1,00*
A 2011													1,00

ALT: altitude; DEC: declividade; ARG: argila; SIL: silte; AMF: areia muito fina; MO 2008: matéria orgânica no ano de 2008; MO 2011: matéria orgânica no ano de 2011; RI MO E: redução ou incremento do teor de matéria orgânica do solo durante o período de cultivo do eucalipto quando comparado com a pastagem; K 2008: erodibilidade do solo no ano de 2008; K 2011: erodibilidade do solo no ano de 2011; A 2008: perda de solo no ano de 2008; A 2011: perda de solo no ano de 2011; *: significativo pelo teste t em nível de 5% de probabilidade.

Os teores de SIL de 9,76 a 12,00% (Figura 9b) encontram-se também na classe de 580 a 600m de altitude (Figura 5). Estes resultados estão de acordo com Resende et al. (1997), pois segundo estes autores a pedofoma côncava propicia uma maior remoção das frações granulométricas das partes mais altas e um maior acúmulo dos mesmos nas partes mais baixas.

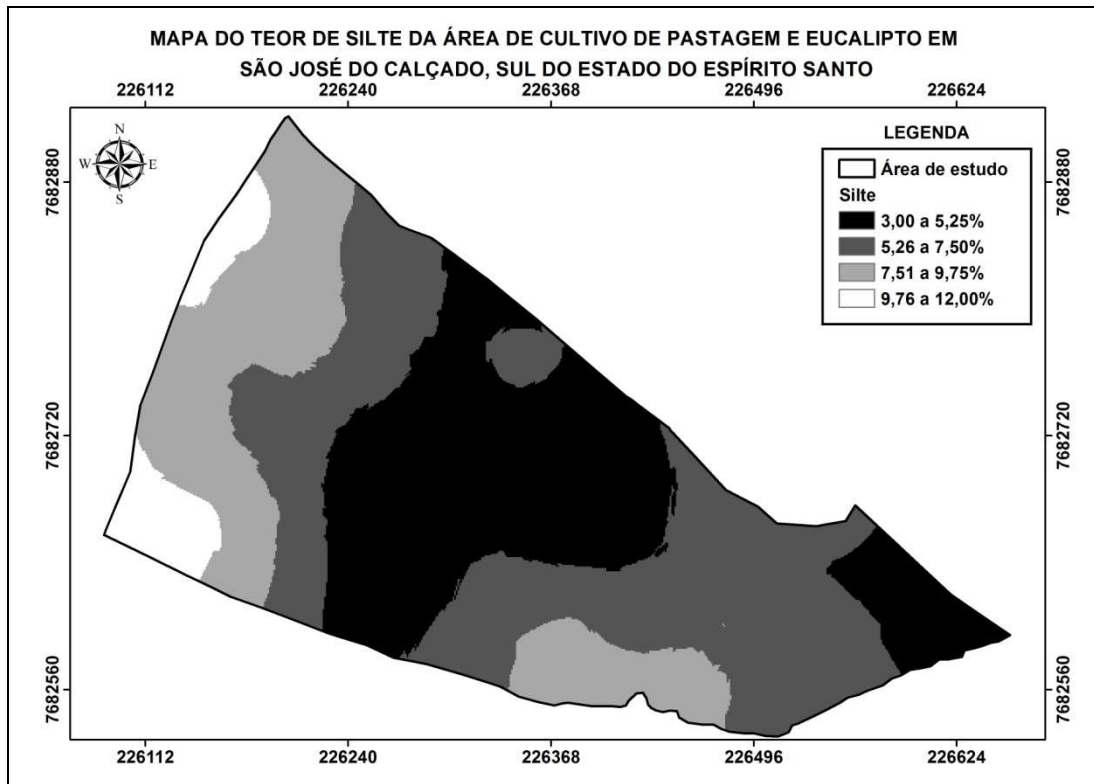


Figura 9b: Mapa do teor de silte durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.

A AMF não apresentou grande variação espacial dentro da área de estudo, sendo que a maior parte da mesma possui de 2,19 a 3,05% de AMF (Figura 9C).

A variabilidade espacial apresentada pelas frações granulométricas do solo dentro da área de estudo pertencentes à classe do Latossolo Vermelho-Amarelo indicam que mesmo esta classe de solo, sendo uma das mais intemperizadas, ainda sofre influências do relevo sobre os seus atributos. Segundo Fridges et al. (2000) a altitude e a declividade da área são fatores de extrema importância para a delimitação de áreas de manejo específico.

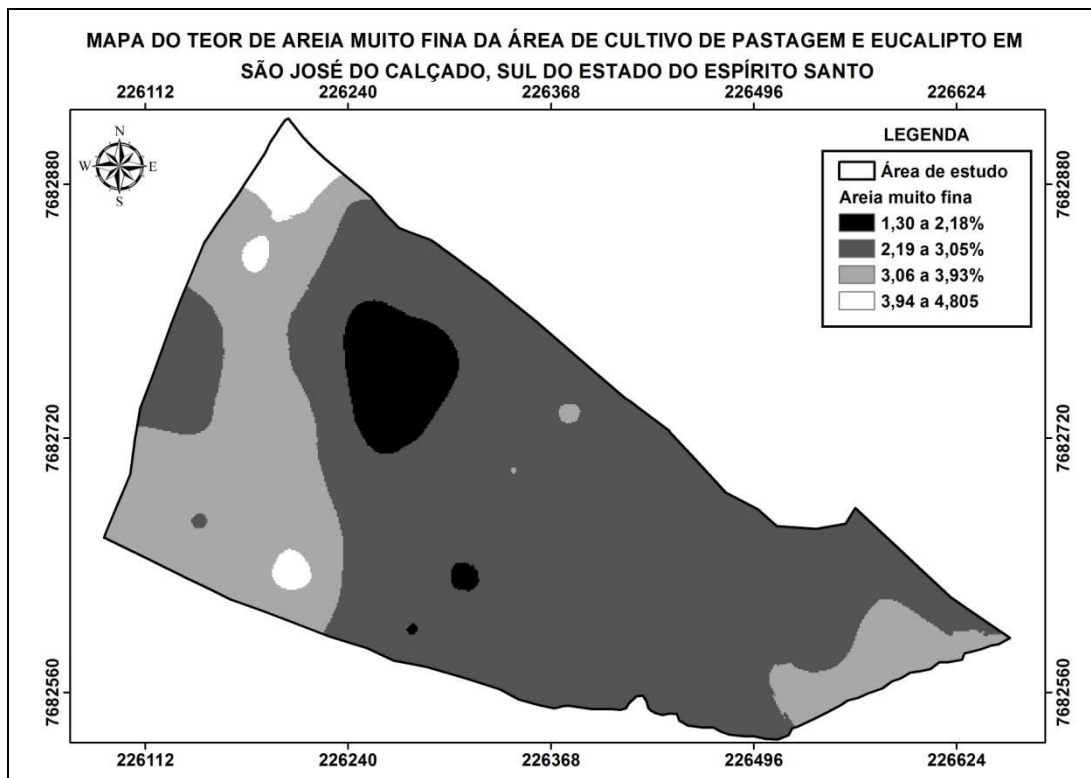


Figura 9c: Mapa do teor de areia muito fina durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.

Os teores de MO durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto foram reclassificados conforme a 5ª aproximação do manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI e FULLIN, 2007). Por meio da análise das Figuras 9d e 9e, pode-se constatar que os teores de MO durante o cultivo das duas espécies são classificados como médio (1,5 a 3,0 dag kg⁻¹) e alto (> 3,0 dag kg⁻¹).

Durante o cultivo da pastagem e após a instalação da cultura do eucalipto, não se obteve um baixo teor de MO, segundo Prezottie Fullin (2007).

O teor de MO não apresentou diferença significativa entre os dois períodos de cultivo pelo teste t-Student em nível de 5% de probabilidade, conforme ilustra a análise descritiva dos dados (Tabela 7). Contudo a análise espacial (Tabelas 10a e 10b; Figuras 9d e 9e) indicaram uma redução dos locais com alto teor de MO durante o período de cultivo do eucalipto quando comparado com a pastagem.

É possível observar nas Tabelas 10a e 10b e nas Figuras 9d e 9e que durante o período de cultivo da pastagem se obteve maior parte da área de estudo pertencente a classe de alto teor de MO.

Tabela 10a. Quantificação das classes do teor de matéria orgânica do solo cultivado com pastagem

Classes	Área do pixel (m ²)	Nº de pixel	Área (m ²)	Área (ha)	% Área total
Média (1,50 a 3,00 dag kg ⁻¹)	1	79.989	79.989	8,0	79,8
Alta (> 3,00 dag kg ⁻¹)	1	20.211	20.211	2,0	20,2
Total		100.200	100.200	10,0	100,0

Tabela 10b. Quantificação das classes do teor de matéria orgânica do solo cultivado com eucalipto

Classes	Área do pixel (m ²)	Nº de pixel	Área (m ²)	Área (ha)	% Área total
Média (1,50 a 3,00 dag kg ⁻¹)	1	93.695	93.695	9,3	93,5
Alta (> 3,00 dag kg ⁻¹)	1	6.505	6.505	0,7	6,5
Total		100.200	100.200	10,0	100,0

Durante o período de cultivo da pastagem 20,2% da área total (Tabela 10a), o que correspondia a dois ha possuía um alto teor de MO, enquanto durante o período de cultivo do eucalipto, apenas 6,5% da área total (Tabela 10b) que equivalia a 0,7 ha possuía alto teor de MO.

Essa redução da área com alto teor de MO durante o período de cultivo do eucalipto pode estar relacionada com o período de aproximadamente um ano a um ano e meio que se necessita para que a cultura forme uma copa suficiente para sombrear a área, ou seja, durante esse intervalo de tempo não ocorreu à deposição de MO pelo eucalipto, e por isso houve apenas a mineralização da MO originada da pastagem. O revolvimento do solo por meio do escarificador em parte da área, conforme ilustra a Figura 3, proporcionou a exposição da MO proveniente do período de cultivo da pastagem, e a aceleração do processo de mineralização da mesma.

Segundo Lima (no prelo) esses valores similares de teor de MO para ambas as culturas pode ser pela forma da amostra coletada. Devido ao período de apenas três anos de cultivo do eucalipto, ainda não houve a formação de uma significativa camada de serrapilheira para que essa fosse decomposta e incorporar a matéria orgânica ao solo, ao passo que pelo seu sistema radicular fasciculado as raízes de pastagem decompostas já se encontram no subsolo e na camada que é coletada durante a retirada das amostras.

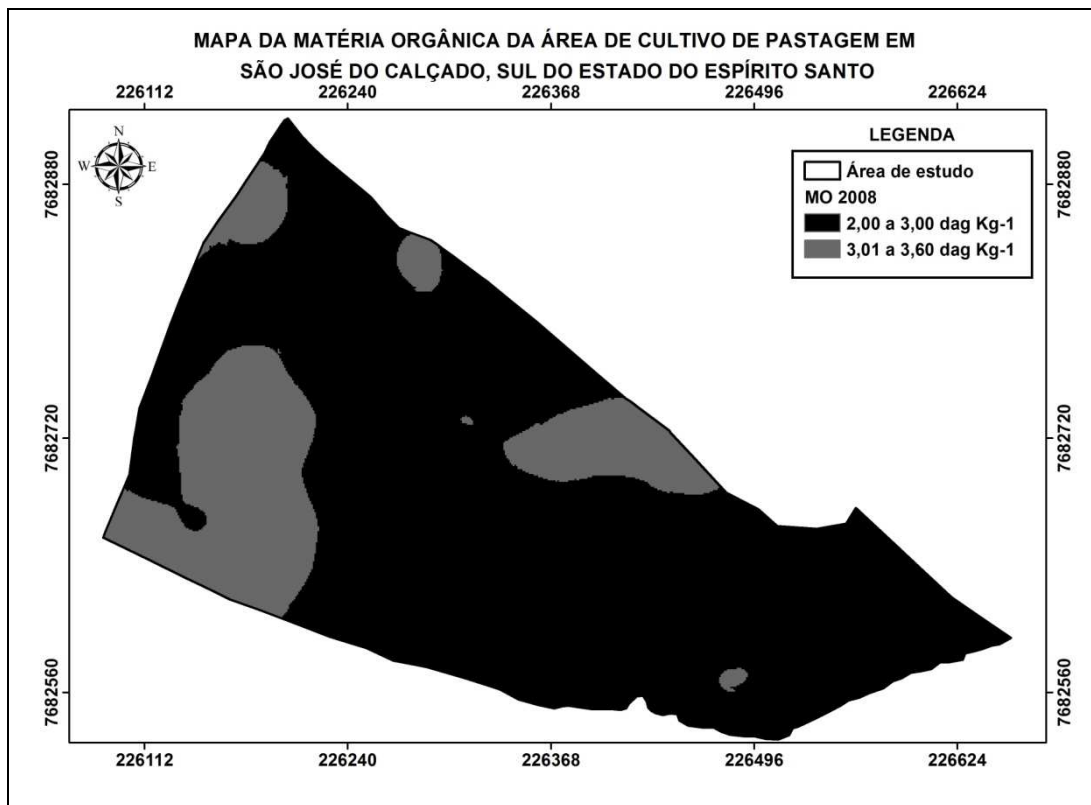


Figura9d: Mapa do teor de matéria orgânica durante o período de cultivo da pastagem na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.

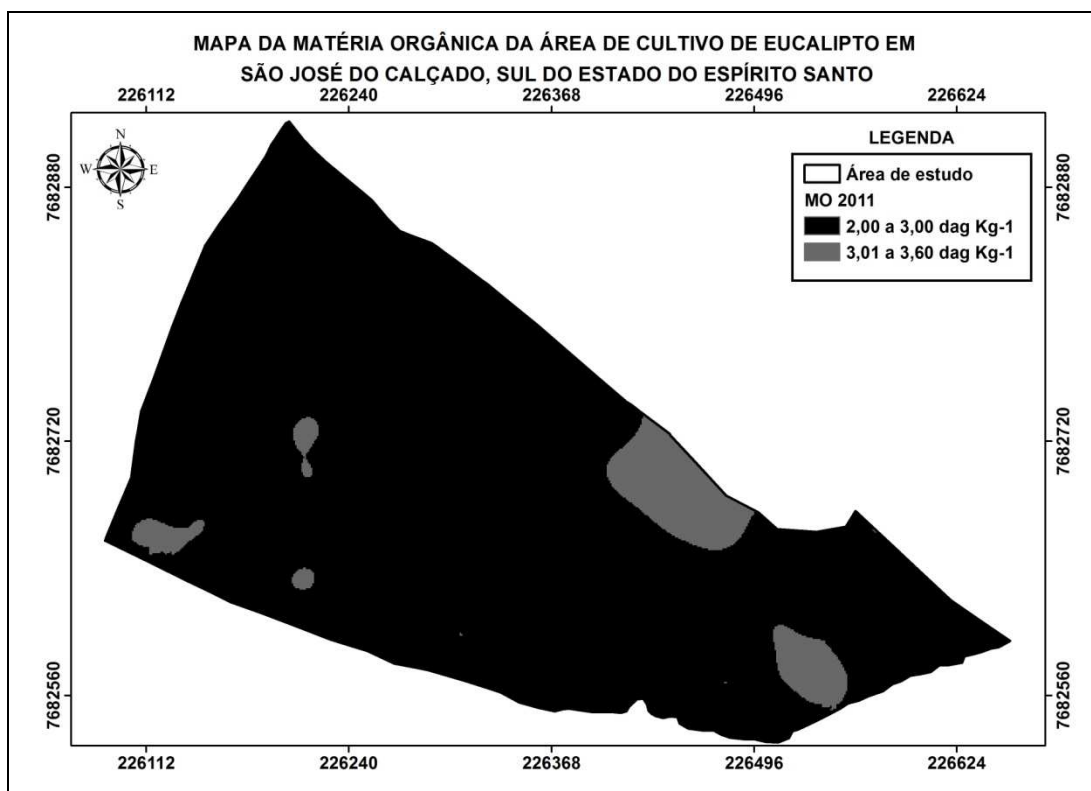


Figura 9e: Mapa do teor de matéria orgânica durante o período de cultivo do eucalipto na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.

De posse dos mapas temáticos dos teores de MO das duas espécies, foi elaborado o mapa de redução ou incremento do teor de MO no período de cultivo do eucalipto, quando comparado com o teor do cultivo da pastagem. A quantificação das áreas em que houve redução ou incremento de MO durante o período de cultivo do eucalipto, pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 11. Quantificação das classes de redução ou incremento do teor de matéria orgânica do solo cultivado com eucalipto

Eucalipto	Área do pixel (m ²)	Nº de pixel	Área (m ²)	Área (ha)	% Área total
Redução	1	57.365	57.365	5,7	57,3
Incremento	1	42.835	42.835	4,3	42,7
Total		100.200	100.200	10,0	100,0

Mesmo o teor de MO no período de cultivo do eucalipto pertencente à classe de alto teor, conforme Prezotti e Fullin (2007) ser inferior ao apresentado pela pastagem (Tabelas 10a e 10b), observa-se que em 42,7% da área total (Tabela 11) houve um aumento no teor de MO durante o período de cultivo do eucalipto quando comparado com a pastagem.

A espacialização das áreas em que houve redução ou incremento de MO, pode ser observado na Figura 10.

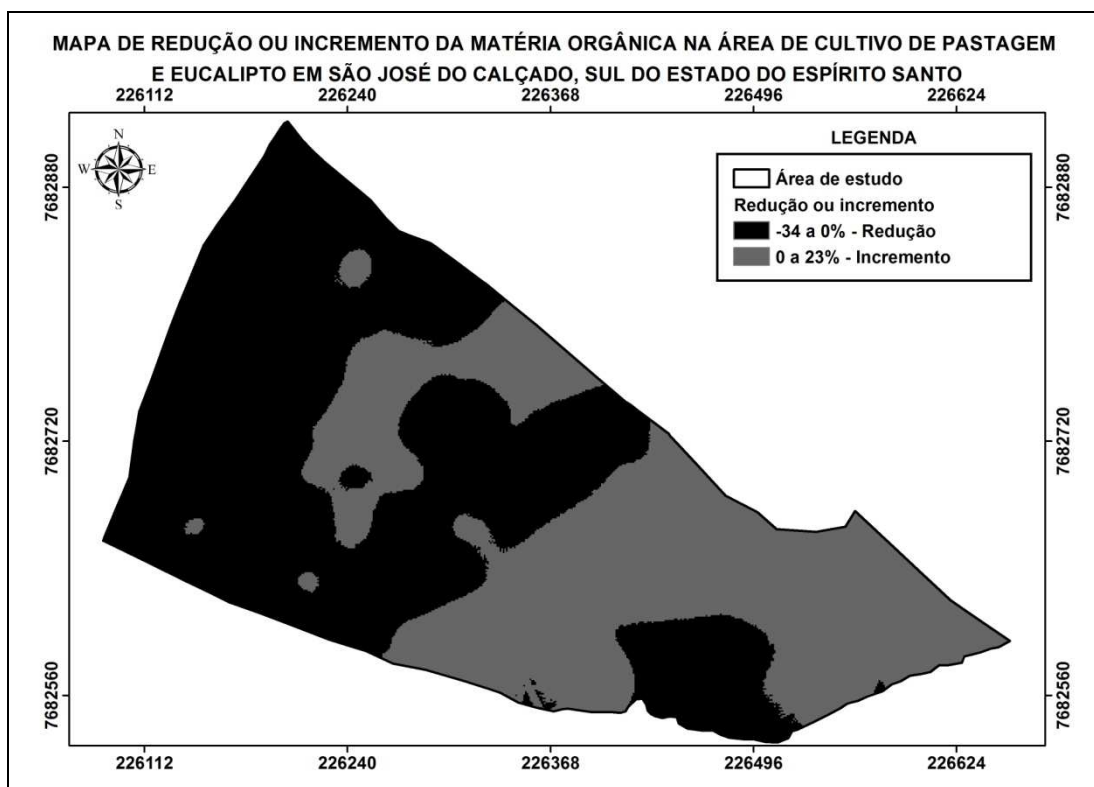


Figura 10: Mapa de diminuição ou incremento no teor de matéria orgânica na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.

A redução do teor de MO foi de até 34%, enquanto o incremento foi de até 23% (Figura 10). A parte Leste da área de estudo apresentou predominância de incremento do teor de MO no período de cultivo do eucalipto quando comparado com a pastagem (Figura 10), enquanto na parte Oeste houve predominância da redução do teor de MO.

Os locais de maior declividade (Figura 4) e altitude (Figura 5) da área de estudo apresentaram-se como sendo áreas de incremento do teor de MO do solo durante o período de cultivo do eucalipto quando comparado com a pastagem, indicando uma correlação negativa entre estes fatores, comprovadas pelos coeficientes de correlação de -0,44 e -0,33 (Tabela 9) obtidos para a declividade e a altitude, respectivamente.

O preparo do solo com o uso de um subsolador não influenciou na redução ou incremento de MO no período de cultivo do eucalipto quando comparado com a pastagem, pois não apresentou coeficiente de correlação significativo (Tabela 9).

4.2. EROSIVIDADE (R)

O fator R foi estimado para todo o Estado do ES em função dos dois períodos de cultivos, o da pastagem e o do eucalipto, conforme equação 9.

4.2.1. Análise Descritiva

Os resultados da análise descritiva da R para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Análise descritiva dos dados de erosividade da chuva para o Estado do Espírito Santo durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto

R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	Medidas de posição						Medidas de dispersão					
	n	Mín.	Máx.	Média	Md.	1º Q	3º Q	s	CV(%)	C _s	C _k	K-S
Janeiro ¹	81	265,1	2.253,0	913,3	859,5	684,9	1.074,6	369,0	40,4	1,1	1,8	ns
Janeiro ²	81	184,8	1.421,8	677,4	654,3	505,9	846,0	242,9	35,9	0,6	0,7	ns
Fevereiro ¹	81	283,7	943,5	596,1	610,5	499,0	698,5	157,2	26,4	0,0	-0,5	ns
Fevereiro ²	81	6,4	593,4	162,5	116,0	70,0	215,4	128,3	79,0	1,2	0,8	*
Março ¹	81	212,2	1.274,0	757,0	759,0	661,4	885,1	212,6	28,1	-0,2	0,6	ns
Março ²	81	475,8	3.340,9	1.677,0	1.481,1	1.040,1	2.193,6	741,2	44,2	0,6	-0,8	ns
Abril ¹	81	67,0	840,8	314,7	309,4	235,7	365,5	126,3	40,1	1,1	3,0	ns
Abril ²	81	233,9	1.595,2	782,3	703,7	522,8	1.025,8	345,5	44,2	0,7	-0,5	ns
Maió ¹	81	34,5	374,0	114,3	91,7	64,7	148,2	67,2	58,8	1,3	1,8	*
Maió ²	81	8,6	370,9	92,5	81,7	45,6	125,8	67,0	72,4	1,7	4,6	ns
Junho ¹	81	12,9	332,0	86,4	57,4	32,1	123,9	71,1	82,2	1,3	1,0	*
Junho ²	81	5,8	123,0	46,7	40,1	26,5	65,8	28,3	60,5	0,9	0,2	ns
Julho ¹	81	4,1	253,1	73,8	48,8	24,4	110,3	64,9	88,0	1,1	0,4	*
Julho ²	81	1,9	553,2	123,8	90,0	37,6	203,3	113,2	91,5	1,5	3,3	ns
Agosto ¹	81	3,3	259,9	63,2	51,7	28,8	89,8	44,9	71,0	1,4	3,5	ns
Agosto ²	81	1,6	222,9	35,9	25,6	12,2	49,5	35,0	97,4	2,5	9,6	*
Setembro ¹	81	40,7	459,4	178,5	158,3	118,9	226,8	81,8	45,8	1,0	1,0	ns
Setembro ²	81	2,8	251,2	52,4	35,7	19,4	73,7	45,8	87,5	1,7	3,9	*
Outubro ¹	81	113,0	505,6	250,8	238,8	187,2	302,3	81,3	32,4	0,6	0,0	ns
Outubro ²	81	422,0	2.707,2	1.013,0	909,4	733,8	1.155,7	422,2	41,7	1,7	3,5	ns
Novembro ¹	81	1.048,4	2.464,0	1.666,8	1.646,9	1.450,3	1.784,9	300,6	18,0	0,7	0,3	ns
Novembro ²	81	548,5	2.142,1	1.150,0	1.130,8	911,0	1.391,9	336,9	29,3	0,4	0,0	ns
Dezembro ¹	81	968,5	2.957,8	1.756,8	1.754,6	1.412,7	1.996,5	456,7	26,0	0,5	0,0	ns
Dezembro ²	81	240,0	3.594,0	1.530,1	1.397,6	917,4	2.110,6	766,5	50,1	0,6	-0,3	ns
Anual ¹	81	5.247,9	9.210,6	6.771,8	6.550,5	6.043,1	7.403,6	968,7	14,3	0,8	0,0	ns
Anual ²	81	4.665,7	9.946,9	7.343,5	7.414,8	6.368,9	8.236,1	1.292,0	17,6	0,1	-0,9	ns

R: erosividade das chuvas; ¹período de cultivo da pastagem entre os anos de 1999 a 2008; ² período de cultivo do eucalipto entre os anos de 2009 a 2011; n: número de amostras; Mín: mínimo; Máx: máximo; Md: mediana; 1º Q: primeiro quartil; 3º Q: terceiro quartil; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; C_s: coeficiente de assimetria; C_k: coeficiente de curtose; K-S : teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; *: distribuição não normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (p<0,05); ns: distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (p<0,05).

Os valores médios de R anual obtidos durante o período de cultivo da pastagem (6.771,8 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) e do eucalipto (7.343,5 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) são semelhantes ao resultado obtido por Saito et al. (2009) estudando o uso da geotecnologia na estimativa da R e sua relação com o uso e ocupação do solo para o ES. Os valores médios de R anual também são semelhantes aos valores da R média anual obtido por Silva et al. (2010), estudando a variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas para o estado do ES.

Os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio, setembro, outubro, novembro, dezembro e anual apresentaram valores médios de CV ($12 \leq CV \leq 60\%$; Tabela 12) para a R durante o período de cultivo da pastagem, conforme classificação de Warrick e Nielsen (1980). Ainda segundo critérios destes mesmos autores, os meses de junho, julho e agosto apresentaram alto CV ($CV > 60\%$; Tabela 12) durante o período de cultivo da pastagem.

Durante o período de cultivo do eucalipto, conforme observar-se na Tabela 12, os meses de janeiro, março, abril, junho, outubro, novembro, dezembro e anual apresentaram valores médios de CV ($12 \leq CV \leq 60\%$) da R segundo Warrick e Nielsen (1980). No entanto, os meses de fevereiro, maio, julho, agosto e setembro apresentaram um alto CV ($CV > 60\%$; Tabela 12) da R durante o período de cultivo do eucalipto.

Os maiores valores de CV foram obtidos para os meses entre fevereiro e setembro para ambos os períodos de cultivo, onde estes podem ser classificados como alto segundo Warrick e Nielsen (1980) por serem superiores a 60%. Estes resultados são condizentes aos resultados obtidos por Lima et al. (2008) que obtiveram os maiores valores de CV nos meses de seca.

Ao analisar a Tabela 12 verifica-se que os valores de R para os meses de janeiro, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro e anual durante o período de cultivo da pastagem possuem distribuição assimétrica à direita, indicando uma maior concentração dos dados abaixo da média, pois os valores da mediana são inferiores aos valores da média dos dados. Os valores de R para os meses de fevereiro e março apresentaram distribuição assimétrica à esquerda, o que demonstra a existência de maior concentração dos dados acima da média, pois o valor da mediana é superior ao valor da média (Tabela 12).

Os valores de R encontrados para os meses de janeiro a dezembro pertencentes ao período de cultivo do eucalipto apresentaram distribuição assimétrica à direita, indicando maior concentração dos dados abaixo da média (Tabela 12). Contudo, a R anual apresentou distribuição assimétrica a esquerda, o que demonstra a existência de maior concentração dos dados acima da média (Tabela 12).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990) a erosividade das chuvas é um fator sazonal que apresenta maiores valores no verão e menores valores no inverno. Os resultados de R obtidos neste estudo (Tabela 12) corroboram com estes resultados de Bertoni e Lombardi Neto (1990). Ainda segundo estes autores, devido a essa maior R nos períodos de chuva são esperados uma maior perda de solo.

Os valores do C_K (Tabela 12) da R durante o período de cultivo da pastagem apresentaram os meses de outubro, dezembro e a anual como mesocúrtica, enquanto o mês de fevereiro apresentou distribuição platicúrtica. Já os demais meses deste período apresentaram distribuição leptocúrtica.

Quanto ao período de cultivo do eucalipto, os valores do C_K (Tabela 12) para a R indicam que o mês de novembro possui distribuição mesocúrtica, enquanto os meses de março, abril, dezembro e anual apresentaram distribuição platicúrtica e os demais meses possuem distribuição leptocúrtica.

Os valores mensais e anuais de R foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov em nível de 5% de probabilidade. Para o período de cultivo da pastagem foi possível observar a normalidade dos dados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro e anual, enquanto os meses de maio, junho e julho não apresentaram distribuição normal.

Para o período de cultivo do eucalipto os meses de janeiro, março, abril, maio, junho, julho, outubro, novembro, dezembro e anual apresentaram distribuição normal para a R, enquanto os meses de fevereiro, agosto e setembro não apresentaram distribuição normal.

4.2.2. Análise Espacial

Os parâmetros e os modelos de semivariogramas ajustados e escalonados pela variância dos dados para a Rmédia anual durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto podem ser observados na Tabela 13 e nas Figuras 11a e 11b, respectivamente.

Tabela 13. Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados ajustados para a erosividademédia anual das chuvas

R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	Semivariograma						Validação cruzada	
	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)	r	CR
Pastagem	Esférico	136.600,0	0,3	1,0	25,6	89,8	0,8	1,1
Eucalipto	Esférico	305.600,0	0,2	1,4	13,7	91,2	0,8	1,1

R: erosividade das chuvas; a: alcance; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial [C₀/(C₀+C)]; R²: coeficiente de determinação; r: coeficiente de correlação entre valores observados e estimados; CR: coeficiente da regressão da validação cruzada.

Por meio da análise espacial dos dados de R, foi possível ajustar o semivariograma esférico (Tabela 13) tanto para o período de cultivo da pastagem quanto do eucalipto. Estes resultados corroboram com o resultado obtido por Silva et al. (2010) onde estes autores estudaram a variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas para o estado do ES com séries históricas de 33 a 72 anos.

Os valores de alcance dos modelos ajustados foram de 136.600,0 e 305.600,0 m (Tabela 13), para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto, respectivamente, no Estado do ES. Estes elevados valores de alcance indicam uma maior confiabilidade nos resultados da interpolação, conforme Corá et al. (2004).

A R durante o período de cultivo do eucalipto apresentou maior continuidade espacial em função do maior valor de alcance e do menor valor de C₀ obtidos (Tabela 13) para esse fenômeno.

O IDE apresentou forte grau de dependência espacial para a R durante o período de cultivo do eucalipto e moderado para o da pastagem (Tabela 13) conforme Cambardella et al. (1994). Segundo Azevedo (2004) os valores de R² obtidos de 89,8 e 91,2% para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto, respectivamente, indicam uma confiabilidade nos dados interpolados pela técnica de krigagem.

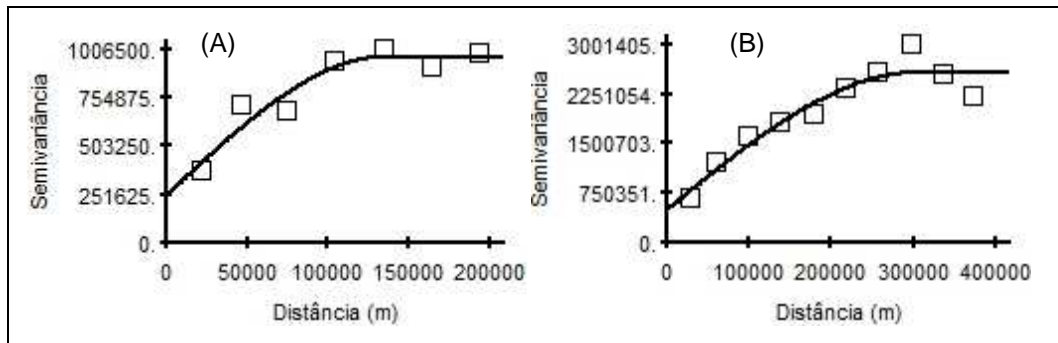


Figura 11: Semivariogramas da erosividade média anual das chuvas durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).

Os valores do coeficiente de correlação de 0,8 (Tabela 13) obtidos para a validação cruzada dos ajustes dos semivariogramas da pastagem e do eucalipto são considerados como forte, segundo Andriotti (2010). Os coeficientes da regressão igual a 1,1 (Tabela 13) obtidos para a pastagem e o eucalipto, indicam que para cada unidade acrescida em X se obtêm 1,1 unidade em Y para a regressão da R durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto.

O forte coeficiente de correlação e o valor do coeficiente da regressão próximo de um indicam que os modelos de semivariograma ajustados para a R durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto foram eficazes na estimativa de valores para os locais não amostrados.

A distribuição espacial da R anual para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto podem ser observados nas Figuras 12a e 12b, respectivamente.

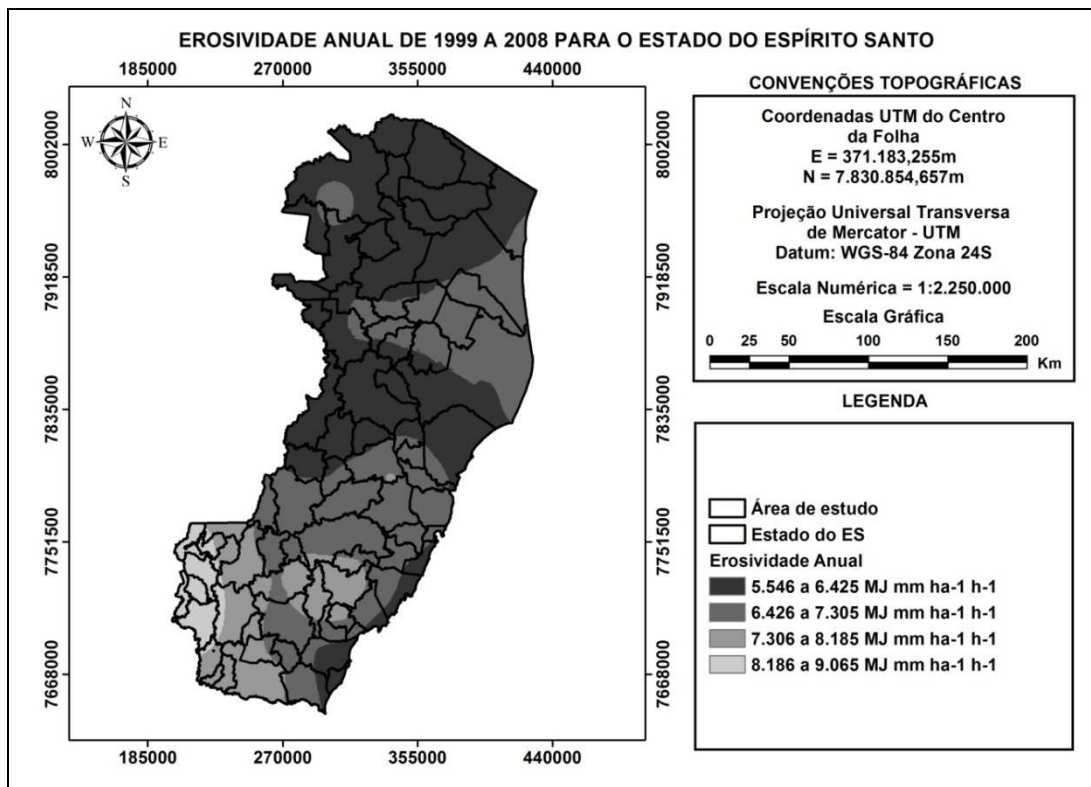


Figura 12a: Mapa da erosividades média anual das chuvas para o Estado do ES durante o período de cultivo da pastagem.

A análise da Figura 12a possibilita a identificação da região Centro-Sul com os maiores valores de R_{anual} durante o período de cultivo da pastagem. A região Norte do estado possui os menores valores de R_{anual} .

Assim como no período de cultivo da pastagem, no período de cultivo do eucalipto, a região Centro Sul (Figura 12b) do Estado do ES apresentou os maiores valores de R_{anual} , enquanto a região Norte apresentou os menores valores.

Analisando-se as Figuras 12a e 12b, observa-se que durante o período de cultivo do eucalipto os valores de R_{anual} atingiram valores mais extremos quanto aos limites inferiores e superiores obtidos para o período de cultivo da pastagem. Estes dados indicam uma maior probabilidade de perda de solo no período de cultivo do eucalipto, em função da proporcionalidade direta dos fatores da EUPS.

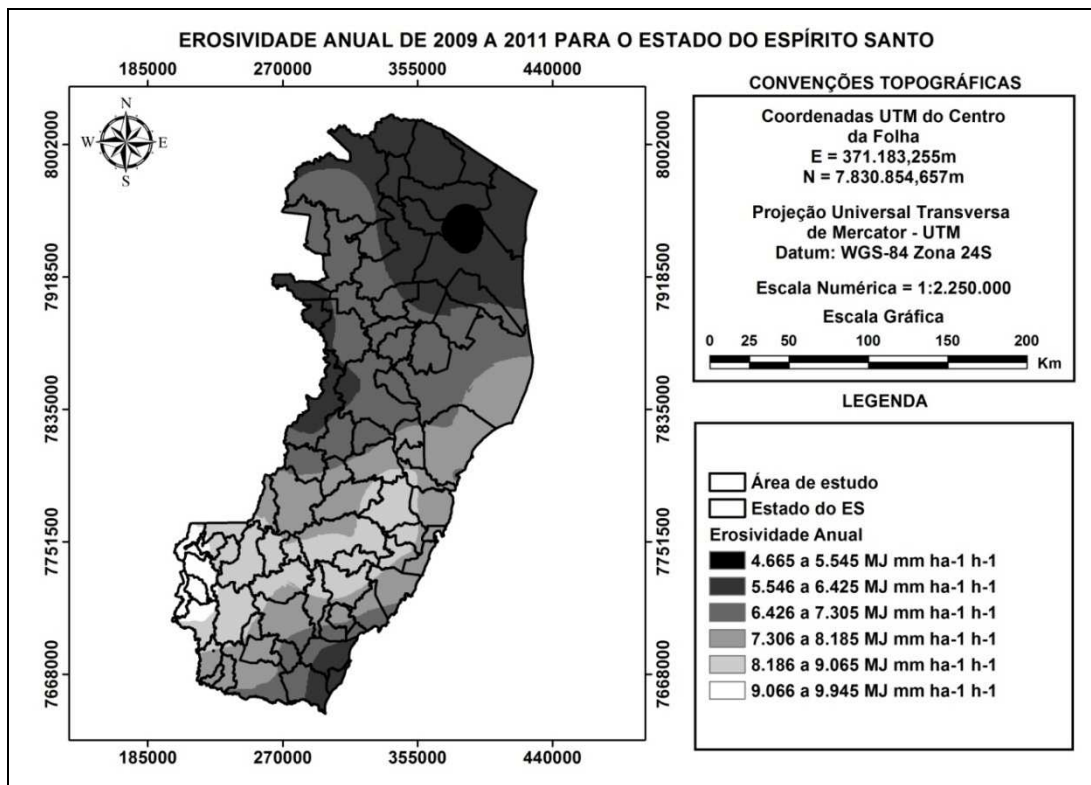


Figura 12b: Mapa da erosividade média anual das chuvas para o Estado do ES durante o período de cultivo do eucalipto.

Os valores ponderados da R utilizados para o cálculo da perda de solo nas áreas de cultivo de pastagem e eucalipto foram de 8.227,2 e 8.043,2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, respectivamente.

Desta forma, observa-se que apesar de ter ocorrido uma maior erosividade no Estado durante o período de cultivo do eucalipto, na área de estudo especificamente, a erosividade das chuvas foi menor do que no período de cultivo da pastagem.

Os modelos e os parâmetros de ajuste dos semivariogramas escalonados da R mensal para o Estado do ES durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto estão apresentados no anexo 3. Os mapas temáticos gerados a partir da interpolação dos dados por meio da krigagem ordinária para a R mensal das chuvas durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto podem ser observados nos anexos de 4 a 15.

4.3. ERODIBILIDADE DO SOLO (K)

A K da área de estudo foi estimada para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto.

4.3.1. Análise Descritiva

A análise descritiva dos valores de K do solo para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto podem ser observados na Tabela 14.

Tabela 14. Análise descritiva da erodibilidade do solo

K (Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹)	Medidas de posição							Medidas de dispersão				
	n	Mín.	Máx.	Média	Md.	1° Q	3°Q	s	CV(%)	C _s	C _k	K-S
Pastagem	94	0,0087	0,0148	0,0101a	0,0100	0,0087	0,0111	0,0016	15,5891	0,7046	0,0103	ns
Eucalipto	94	0,0087	0,0147	0,0102a	0,0100	0,0087	0,0113	0,0016	15,8011	0,6306	-0,2257	ns

K: erodibilidade do solo; n: número de amostras; Mín.: mínimo; máx.: máximo; as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste t-Student (p<0,05); Md.: mediana; 1° Q: primeiro quartil; 3° Q: terceiro quartil; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; C_s: coeficiente de assimetria; C_k: coeficiente de curtose; K-S : teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; ns: distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (p<0,05).

Os valores de K variaram de 0,008 a 0,015 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ para o solo cultivado com as duas espécies. Estes resultados corroboram com o resultado obtido por Bertoni e Lombardi Neto (1999), onde estes encontraram K igual 0,012 para o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) fase terraço e fase arenosa. Os valores obtidos neste estudo, também são condizentes com os valores encontrados por Silva et al. (1994), onde os autores comparam seis métodos indiretos e o método direto de determinação da K do solo para a classe do Latossolo Vermelho escuro e LVA. Segundo estes autores o valor de K para o LVA foi de 0,01 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ pelo método direto e variou de 0,006 a 0,028 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ pelos 6 métodos indireto. Em seu estudo Lemos et al.(1960) encontrou o valor de K igual a 0,013 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ para o LVA, corroborando com o resultado obtido nesse estudo. Os resultados obtidos por Oliveira et al. (1999) de 0,014 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ também são condizentes com os resultados obtidos nesse estudo.

Contudo, os valores de K encontrados são inferiores aos obtidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999) para o LVA orto e fase rasa, onde os valores encontrados foram de 0,022 e 0,017 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹, respectivamente. Em seu estudo, Chaves (1994) encontrou um valor de 0,020 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ para o LVA. Estes resultados demonstram que o solo da área de estudo apresenta uma boa estrutura e permeabilidade e um bom teor de matéria orgânica, por apresentar uma menor erodibilidade, por conseguinte, é menos suscetível à erosão.

Os valores de K obtidos para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto não diferiram significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste t-Student.

Os valores do CV obtidos foram de 15,59 e 15,80% (Tabela 14) para a pastagem e para o eucalipto, respectivamente. Desta forma, segundo a classificação apresentada por Warrick e Nielsen (1980) estes valores são classificados como médios ($12 \leq CV \leq 60\%$).

Os valores de K do solo para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto possuem valores da mediana inferior aos valores da média e por isso possuem distribuição assimétrica à direita, o que indica maior concentração dos dados abaixo da média (Tabela 14).

O C_K apresentou distribuição leptocúrtica para a erodibilidade do solo da pastagem e platicúrtica para o eucalipto (Tabela 14).

Pelo teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov em nível de 5% de probabilidade, tanto a K do solo durante o período de cultivo da pastagem quanto do eucalipto, apresentaram distribuição normal (Tabela 14).

A área de cada classe de K do solo cultivado com pastagem e eucalipto, bem como a porcentagem das mesmas pode ser observada nas Tabelas 15a e 15b, respectivamente.

Tabela 15a. Quantificação das classes de erodibilidade do solo para o cultivo da pastagem

Classe	Área do pixel (m ²)	Nº de pixel	Área (m ²)	Área (ha)	% Área total
0,0086 a 0,0097 Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	1	33.012	33.012	3,3	32,9
0,0098 a 0,0108 Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	1	35.635	35.635	3,6	35,6
0,0109 a 0,0119 Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	1	23.920	23.920	2,4	23,9
0,0120 a 0,0131 Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	1	7.633	7.633	0,8	7,6
Total		100.200	100.200	10,0	100,0

Tabela 15b. Quantificação das classes de erodibilidade do solo para o cultivo do eucalipto

Classe	Área do pixel (m ²)	Nº de pixel	Área (m ²)	Área (ha)	% Área total
0,0086 a 0,0097 Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	1	32.469	32.469	3,2	32,4
0,0098 a 0,0108 Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	1	34.026	34.026	3,4	34,0
0,0109 a 0,0119 Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	1	24.646	24.646	2,5	24,6
0,0120 a 0,0131 Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹	1	9.059	9.059	0,9	9,0
Total		100.200	100.200	10,0	100,0

Analisando-se as Tabelas 15a e 15b, observar-se que os valores do número de pixel, da área de cada classe e da porcentagem da área total de cada classe de K do solo são próximos. Para a classe de 0,0086 a 0,0097Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ tem-se 32,9% da área cultivada com pastagem (Tabela 15a) e 32,4% da área cultivada com eucalipto (Tabela 15b). Para a classe de 0,0098 a 0,0108Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ tem-se 35,9% (Tabela 15a) e 34,0% da área total (Tabela 15b). A classe de 0,0109 a 0,0119Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ apresenta 23,9% (Tabela 15a) e 24,6% da área total (Tabela 15b). Por fim, a classe de 0,0120 a 0,0131Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹ possui 7,6% (Tabela 15a) e 9,0% da área total (Tabela 15b).

4.3.2. Análise Espacial

Os modelos e os parâmetros ajustados para os semivariogramas da K do solo cultivado com pastagem e eucalipto podem ser observados na Tabela 16 e na Figura 13.

Tabela 16. Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados pela variância dos dados para a erodibilidade do solo

K (Mg h MJ ⁻¹ mm ⁻¹)	Semivariograma						Validação cruzada	
	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)	r	CR
Pastagem	Esférico	265,0	0,4	1,1	37,1	95,2	0,7	1,1
Eucalipto	Esférico	285,0	0,4	1,2	35,0	95,9	0,7	1,1

K: erodibilidade; a: alcance; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial [C₀/(C₀+C)]; R²: coeficiente de determinação; r: coeficiente de correlação entre valores observados e estimados; CR: coeficiente da regressão da validação cruzada.

Foi possível se obter o ajuste do semivariograma tanto para a K do solo durante o período de cultivo da pastagem quanto do eucalipto. O modelo ajustado para os dois períodos foi o esférico, resultado este condizente com o obtido por Silva et al. (2007) estudando a análise espacial da erosão hídrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de café conilon.

Os parâmetros de ajuste dos modelos de semivariograma e a validação cruzada da K dos solos apresentaram valores próximos para o cultivo da pastagem e do eucalipto (Tabela 16).

Os valores de alcance de 265,0 e 285,0 m (Tabela 16) obtidos para a K do solo cultivado com pastagem e eucalipto, respectivamente, indicam uma maior confiabilidade nos resultados da interpolação, conforme Corá et al. (2004).

O ajuste do mesmo modelo e os valores próximos de alcance obtidos para a K do solo durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto indica que este fator possui o mesmo padrão de distribuição espacial para ambas as culturas, e isto pode ser comprovado pela análise das Figuras 14a e 14b.

Conforme classificação de Cambardella et al. (1994) a K do solo possui moderado grau de dependência espacial em função do efeito pepita de 0,4 (Tabela 16) obtido para as duas condições de estudo. Segundo Azevedo (2004) os valores de R² obtidos de 95,2 e 95,9% para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto, respectivamente, indicam a confiabilidade nos dados interpolados por meio da técnica de krigagem.

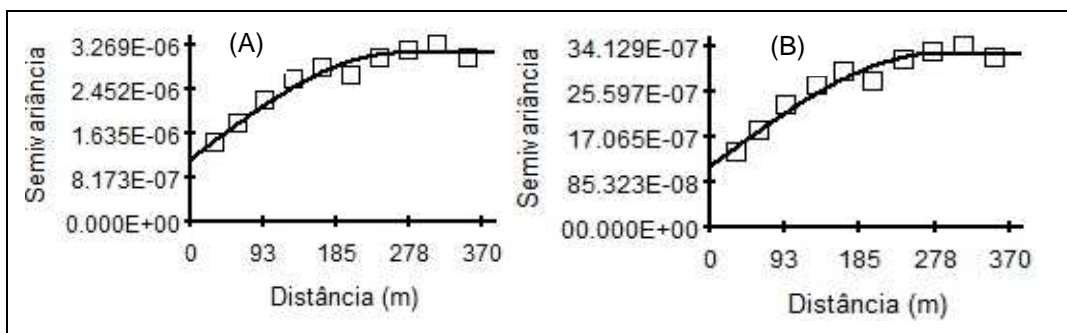


Figura 13: Semivariogramas da erodibilidade do solo durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B).

A distribuição espacial da K do solo na área de cultivo da pastagem e do eucalipto pode ser observada nas Figuras 14a e 14b, respectivamente.

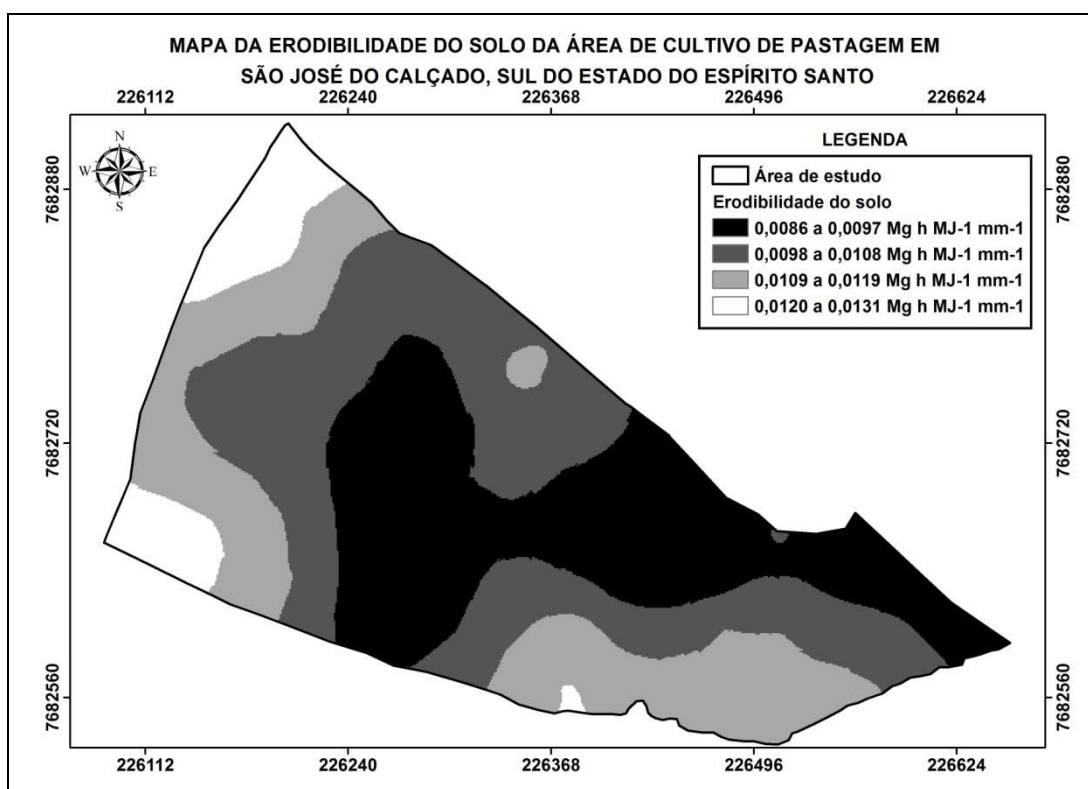


Figura 14a: Mapa da erodibilidade do solo durante o período de cultivo da pastagem na área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.

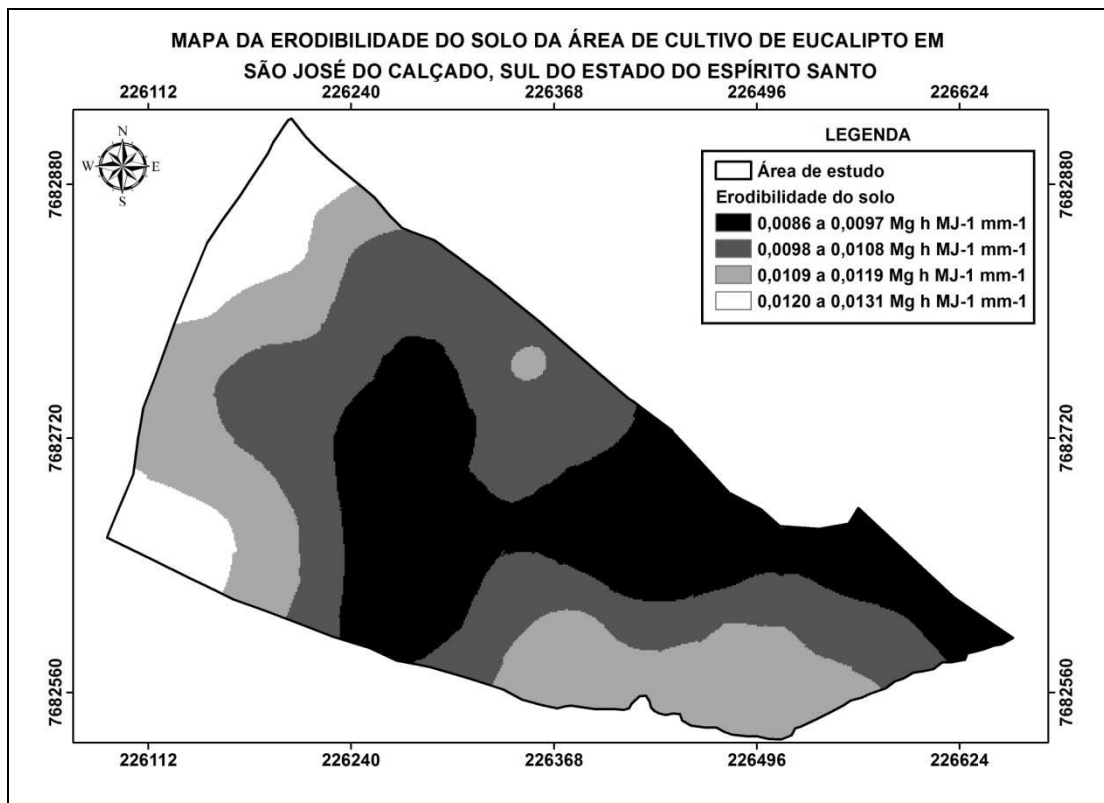


Figura 14b: Mapa da erodibilidade do solo durante o período de cultivo do eucalipto na área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.

Os maiores valores de K do solo para a pastagem e o eucalipto foram obtidos nas regiões Noroeste e Sudoeste da área de estudo (Figuras 14a e 14b).

A classe de maior valor de K do solo da pastagem e do eucalipto (Figuras 14a e 14b) encontra-se sobre a região de menor teor de argila (Figura 9a) indicando uma relação negativa entre esses atributos, conforme os coeficientes de correlação de -0,32 e -0,31 (Tabela 9).

4.4. FATOR LS

O fator LS da EUPS consiste na combinação dos fatores declividade da área e comprimento da rampa entre cada ponto amostral. Os valores deste fator são adimensionais.

4.4.1. Análise Descritiva

Os resultados da análise descritiva do fator LS da área de estudo estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Análise descritiva do fator LS da área de estudo

Fator LS	Medidas de posição							Medidas de dispersão				
	n	Mín.	Máx.	Média	Md.	1º Q	3º Q	s	CV(%)	C _s	C _k	K-S
Pastagem / Eucalipto	94	0,5	15,0	5,3	4,6	2,6	6,8	3,5	66,5	0,9	-0,2	ns

n: número de amostras; Mín.: mínimo; máx.: máximo; Md.: mediana; 1º Q: primeiro quartil; 3º Q: terceiro quartil; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; C_s: coeficiente de assimetria; C_k: coeficiente de curtose; K-S : teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; ns: distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (p<0,05).

O fator LS apresentou um alto CV (CV > 60%) conforme Warrick e Nielsen (1980), em função dos níveis de declividade apresentado na área de estudo. O fator apresentou distribuição assimétrica à direita, o que indica maior concentração dos dados abaixo da média. O C_k apresentou-se com distribuição platicúrtica. E os dados possuem distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov em nível de 5% de probabilidade (Tabela 17).

4.4.2. Análise Espacial

O modelo e os parâmetros ajustados para o semivariograma escalonado pela variância dos dados para o fator LS da área de estudo podem ser observados na Tabela 18 e na Figura 15.

Tabela 18. Modelos e parâmetros do semivariograma escalonado pela variância dos dados para o fator LS da área de estudo

Fator LS	Semivariograma						Validação cruzada	
	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)	r	CR
Pastagem / Eucalipto	Gaussiano	125,0	0,0	1,1	0,9	98,4	1,0	1,0

Fator LS: combinação dos fatores declividade e comprimento de rampa; a: alcance; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial [C₀/(C₀+C)]; R²: coeficiente de determinação; r: coeficiente de correlação entre valores observados e estimados; CR: coeficiente da regressão da validação cruzada.

O valor do alcance de 125,0 m (Tabela 18) obtido pelo ajuste do semivariograma para o fator LS indica confiabilidade nos resultados obtidos por meio da interpolação dos dados conforme Corá et al. (2004). O baixo valor de C₀ de 0,0 (Tabela 18) demonstra que o efeito pepita sobre este fator é pequeno, ou seja, a variância do acaso ou gerada a partir de erros na coleta, análise e/ou processamento dos dados amostrais é pequena. O IDE de 0,9% (Tabela 18) obtido no ajuste indica o forte grau de dependência espacial que este fator possui, segundo Cambardella et al. (1994). Conforme Azevedo (2004)

o R^2 de 98,4% (Tabela 18) indica a obtenção de resultados confiáveis a partir da interpolação dos dados.

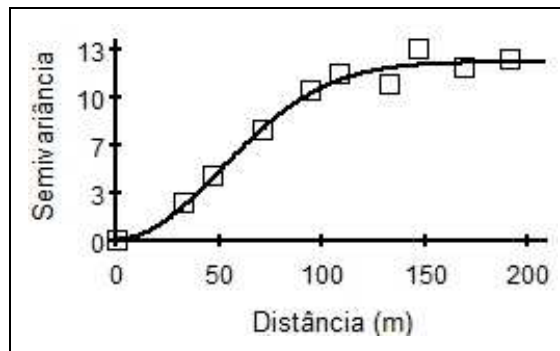


Figura 15: Semivariograma do fator LS da área de estudo.

O valor do coeficiente de correlação igual a um (Tabela 18) obtido para a validação cruzada do ajuste do semivariograma é considerado como perfeito, segundo Andriotti (2010). O coeficiente da regressão igual a um (Tabela 18) obtido indica que para cada unidade acrescida em X se obtêm uma unidade em Y para a regressão do fator LS, em função do ângulo de 45° da reta.

Os valores de LS encontrados para a área de estudo, podem ser observados na Figura 16.

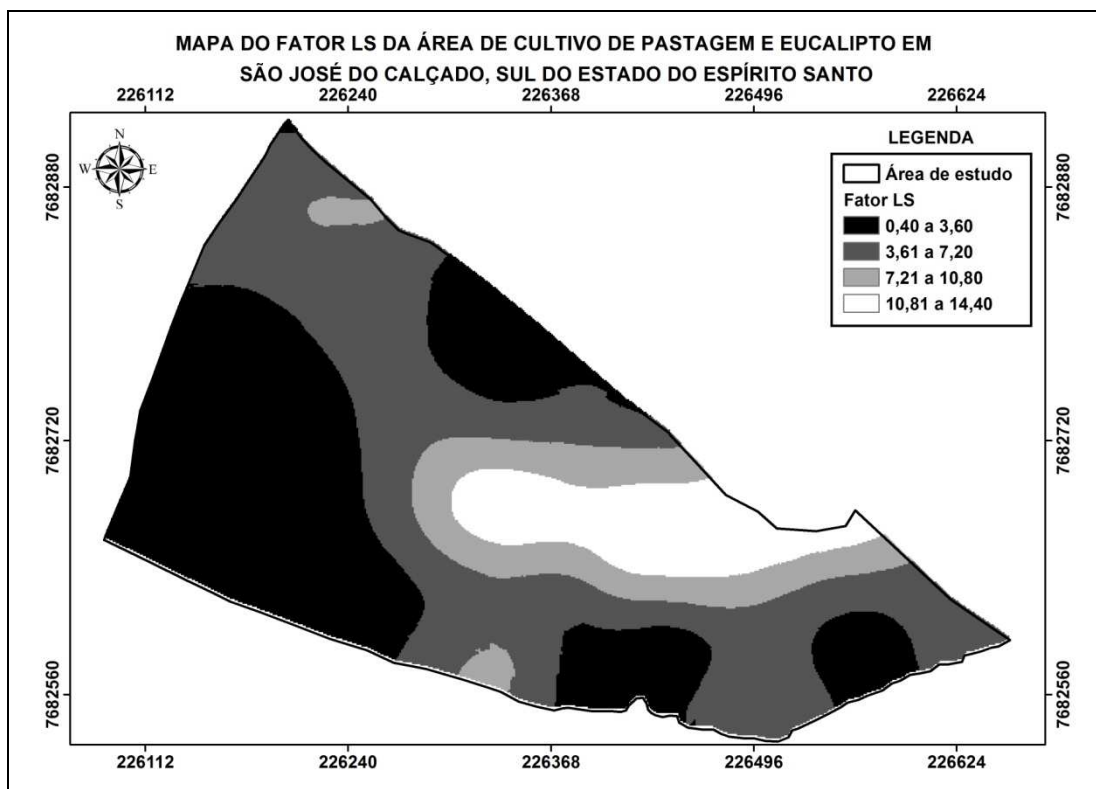


Figura 16: Mapa do fator LS da área de estudo, São José do Calçado, Sul do ES.

Os valores de LS variaram de 0,40 a 14,40 para a área de estudo. Estes valores indicam que existe uma diferença dentro do local em estudo e que a declividade influencia diretamente no valor deste fator, pois os valores do comprimento rampa foram os mesmos para todos os pontos, ou seja, as variações no valor do fator LS ocorreram em função dos valores de declividade.

4.5. PERDA DE SOLO (A) PELO MÉTODO EUPS

A combinação dos fatores R, K, LS, C e P possibilitaram a estimação da A na área de estudo.

4.5.1. Análise Descritiva

Os resultados da análise descritiva da A na área de estudo durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Análise descritiva da perda de solo na área de estudo durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto

A (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Medidas de posição							Medidas de dispersão				
	n	Mín.	Máx.	Média	Md.	1º Q	3º Q	s	CV(%)	C _s	C _k	K-S
Pastagem	94	0,5	14,1	4,3	3,8	2,3	5,6	2,6	61,2	1,0	1,0	ns
Eucalipto	94	0,1	3,3	1,0	0,9	0,6	1,4	0,6	60,7	0,9	0,7	ns

A: perda de solo; n: número de amostras; Mín.: mínimo; máx.: máximo; Md.: mediana; 1º Q: primeiro quartil; 3º Q: terceiro quartil; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; C_s: coeficiente de assimetria; C_k: coeficiente de curtose; K-S : teste de normalidade de kolmogorov-Smirnov; ns: distribuição normal pelo teste de kolmogorov-Smirnov (p<0,05).

Ao se analisar a Tabela 19 observar-se que o valor médio de A durante o período de cultivo do eucalipto foi inferior ao valor observado para a pastagem.

O CV da perda de solo no cultivo da pastagem e do eucalipto apresentou-se como alto (CV > 60%), conforme Warrick e Nielsen (1980). O alto CV apresentado para a A durante o período de cultivo da pastagem e do eucalipto indica a existência da variabilidade deste fator dentro da área de estudo, em função da declividade conforme os coeficientes de correlação de Pearson de 0,96 (Tabela 9).

A perda de solo com pastagem e eucalipto apresentou distribuição assimétrica á direita, com os valores da média superiores aos valores da mediana (Tabela 19).

Os valores da A encontrados para a pastagem e para o eucalipto apresentaram distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov em nível de 5% de probabilidade (Tabela 19).

4.5.2. Análise Espacial

Os valores da A encontrados para a pastagem e o eucalipto, podem ser observados nas Figuras 17a e 17b.

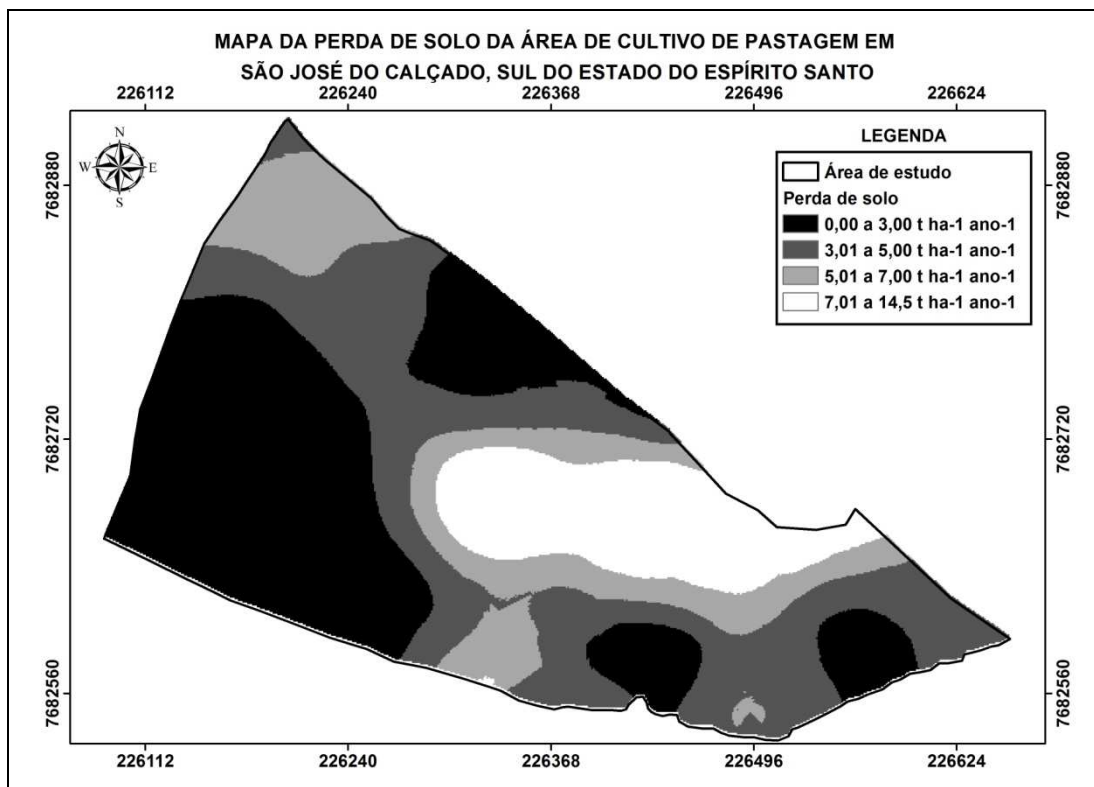


Figura 17a: Mapa da perda de solo da área de estudo cultivada com pastagem, São José do Calçado, Sul do ES.

Na Figura 17a observar-se que existe variabilidade espacial da A dentro da área de estudo, e que as regiões de menor declividade (Figura 4) possuem os menores valores de perda de solo. Este fato é comprovado pelos coeficientes de correlação de 0,96 (Tabela 9).

Os maiores valores de A obtidos para o período de cultivo da pastagem (Figura 17a) encontram-se sobre a região de maior declividade da área de estudo (Figura 4), sendo comprovado pelos coeficientes de correlação de 0,96 (Tabela 9). Este fato evidencia a importância do uso adequado das áreas de maior declividade. Na Figura 17b é possível observar que a substituição da

cultura da pastagem pelo eucalipto proporcionou uma significativa redução nos valores de perda de solo.

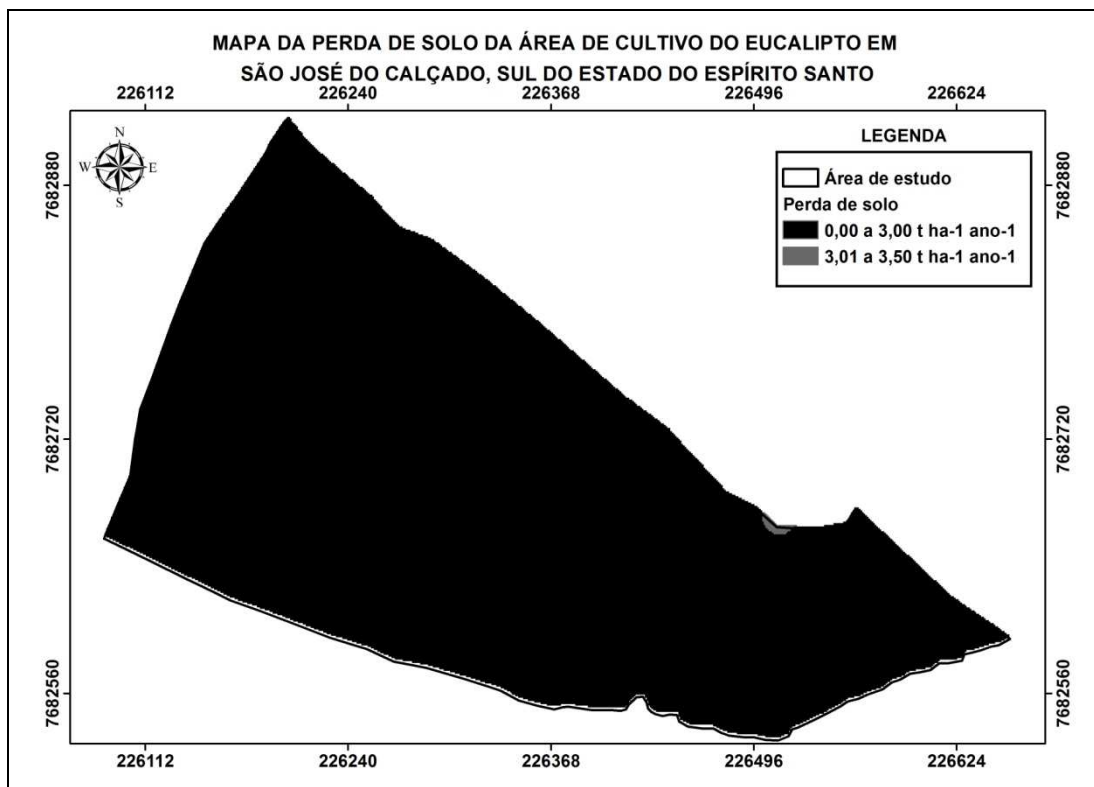


Figura 17b: Mapa da perda de solo da área de estudo cultivada com eucalipto, São José do Calçado, Sul do ES.

Ao analisar as Figuras 17a e 17b é possível observar que a A encontrada na época de cultivo de pastagem foi superior a encontrada durante o cultivo do eucalipto. Pode-se inferir que houve uma significativa redução da A em função da alteração da cobertura vegetal da pastagem pelo eucalipto, pois os valores encontrados se limitaram apenas a duas das classes de perda de solo da pastagem.

Analisando-se as Figuras 17a e 17b, observa-se que os valores de A durante o cultivo da pastagem variaram de 0,00 a 14,50 t ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto durante o cultivo do eucalipto estes valores foram de 0,00 a 3,50 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Os valores de A encontrados para a época de cultivo da pastagem (0,00 a 14,50 t ha⁻¹ ano⁻¹) conforme Figura 17a, são condizentes aos encontrados por Domingos (2006), que variaram de 0,17 a 8,83 t ha⁻¹ ano⁻¹ para áreas de pastagens pertencentes à bacia hidrográfica do Rio São José em Rio Bananal – ES. Os resultados obtidos por Pires et al. (2006) em que esses autores encontraram valores de A de 0,209 t ha⁻¹ ano⁻¹ para a cultura da pastagem

plantada, também corroboram com os resultados obtidos neste estudo. Contudo, os resultados de A obtidos neste estudo, são inferiores aos encontrados por Bono et al. (1996) em que os valores de A para 4 espécies de **Brachiaria**, 4 espécies de **Andropogon** e 2 pastagens nativas cultivadas sobre Latossolo, variaram de 26 a 38 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Os valores de A encontrados para a época de cultivo do eucalipto (0,00 a 3,50 t ha⁻¹ ano⁻¹) conforme Figura 17b, corroboram com os resultados obtidos por Domingos (2006) em que os valores variaram de 0,07 a 3,82 t ha⁻¹ ano⁻¹. Os resultados obtidos por Martins et al. (2010) para a A em área de cultivo de eucalipto com três anos de idade também são condizentes aos obtidos nesse estudo, pois esses autores encontraram valores variando de 0,58 a 2,38 t ha⁻¹ ano⁻¹. O estudo desenvolvido por Brito et al. (2005) encontrou valores de 0,10 e 0,12 t ha⁻¹ de A para eucalipto plantado no sentido do declive e em nível, respectivamente, sendo estes valores condizentes com os obtidos neste estudo.

Os resultados de A na cultura do eucalipto encontrados neste estudo também corroboram com os resultados obtidos por Pires et al. (2006) em que os autores encontraram valores de 0,260 e 0,386 t ha⁻¹ ano⁻¹ para eucalipto plantado em nível e na direção do declive, respectivamente.

A redução da A na área de cultivo de eucalipto quando comparada com a pastagem ocorre em função da redução da velocidade de impacto das gotas de chuva com o solo, pela interceptação da copa das árvores; pelo aumento e manutenção do teor de MO do solo em função da deposição de serrapilheira produzida pelo eucalipto; pelo efeito agregador da MO depositada sobre as partículas do solo; pela redução do escoamento superficial; pela rugosidade formada sobre o solo que dificultava o escoamento das partículas desagregadas, entre outros fatores.

A perda de solo para as áreas de pastagem e eucalipto foram classificadas conforme Vieira (2008) e a classificação, área e porcentagem da área total de cada classe podem ser observadas na Tabela 20.

Tabela 20. Classificação e quantificação da perda de solo para o período de cultivo da pastagem e do eucalipto

A (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Classificação	Pastagem		Eucalipto	
		Área (ha)	% Área total	Área (ha)	% Área total
0,00 a 3,00	Muito baixa	3,846	38,379	10,008	99,877
3,01 a 5,00	Baixa	3,020	30,144	0,012	0,123
5,01 a 7,00	Média	1,685	16,812	0,000	0,000
7,01 a 16,00	Alta	1,469	14,665	0,000	0,000
> 16	Muito alta	0,000	0,000	0,000	0,000
Total		10,020	100,000	10,020	100,000

Analisando-se a Tabela 20 observar-se que os valores de A encontrados para a pastagem e o eucalipto não atingiram a classe de muito alto, conforme classificação de Vieira (2008).

A área e a porcentagem da área total dos valores de perda de solo para a pastagem e o eucalipto para a classe de muito baixo segundo a classificação de Vieira (2008) foram de 3,846 e 10,008 ha e 38,379 e 99,877% (Tabela 20), respectivamente. Ou seja, quase a totalidade da perda de solo encontrado para a área de cultivo do eucalipto pode ser classificada como muito baixo. Este resultado demonstra a aplicabilidade desta cultura como uma forma de recuperação de áreas degradadas, pois a perda de solo ocorrida em seus povoamentos é baixa.

Além da classe de muito alto o eucalipto também não teve nenhuma A pertencente às classes de média e alta segundo a classificação de Vieira (2008). E os valores pertencentes à classe de muito baixo foi de 0,012 ha, o que corresponde a 0,123% da área total de estudo (Tabela 20).

Já a cultura da pastagem apresentou 3,020 ha, que corresponde a 30,144% da área total pertencentes a classe de baixo; 1,685 ha, que equivale a 16,812% da área de estudo e enquadra-se na classe média; e 1,469 ha, que vale 14,665% do total da área de estudo pertencente à classe de alta perda de solo (Tabela 20) conforme a classificação de Vieira (2008).

De posse dos dados de perda de solo foi possível identificar os locais dentro da área de estudo em que ocorreu menor perda de solo durante o cultivo do eucalipto quando comparada com a pastagem. Os locais de menor perda de solo do eucalipto podem ser observados na Figura 18.

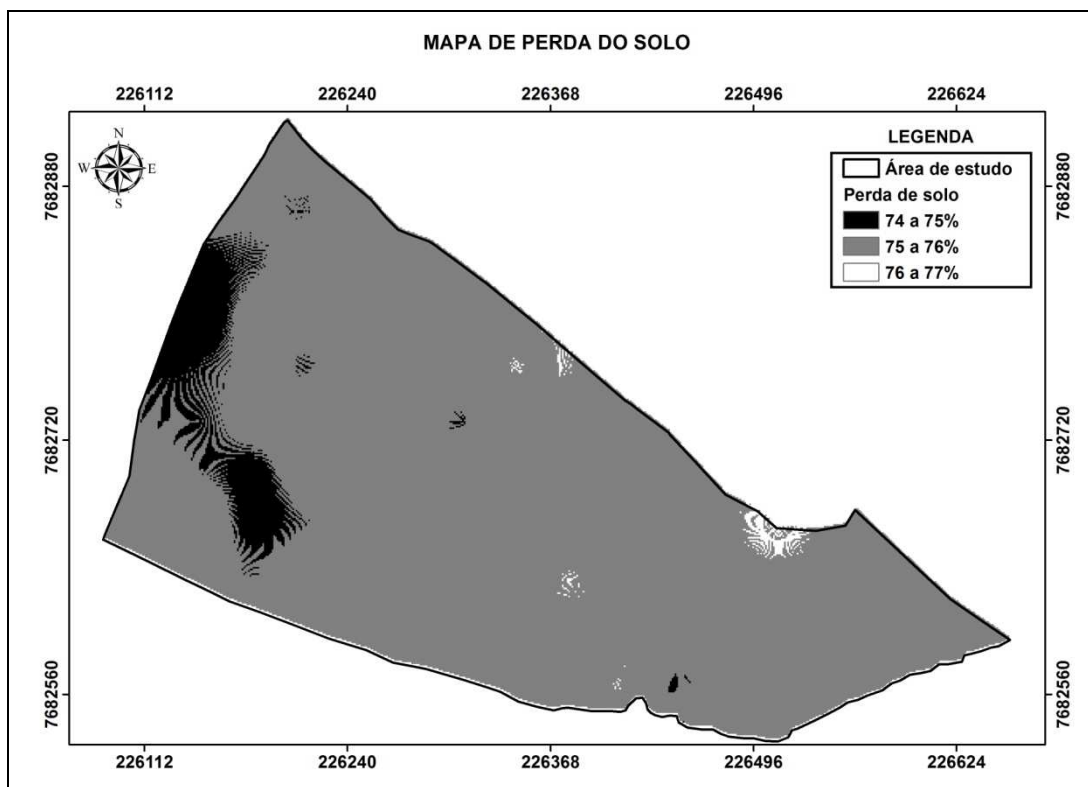


Figura 18: Mapa da perda do solo na área de estudo em São José do Calçado, Sul do ES.

A Figura 18 ilustra que em toda a área de estudo houve redução do valor da A durante o período de cultivo do eucalipto, quando comparado com o cultivo da pastagem. A redução na A durante o período de cultivo do eucalipto foi de 74 a 77% (Figura 18).

A redução na A na área cultivada com o eucalipto indica que esta cultura é mais sustentável do que áreas de pastagem mal manejadas, e por isso pode ser utilizada para recuperar áreas de pastagem que se encontram degradadas ou em estágio de degradação.

A quantificação das áreas de redução da A durante o período de cultivo do eucalipto pode ser observado na Tabela 21.

Tabela 21. Quantificação das áreas de redução na perda de solo para o cultivo do eucalipto

Classe	Área do pixel (m ²)	Nº de pixel	Área (m ²)	Área (ha)	% Área total
74 a 75%	1	6.194	6.194	0,6	6,2
75 a 76%	1	93.411	93.411	9,3	93,2
76 a 77%	1	594	594	0,1	0,6
Total		100.200	100.200	10,0	100,0

Em 93,2% da área total (Tabela 21) houve uma redução de 75 a 76% no valor da A durante o período de cultivo do eucalipto, quando comparado com a pastagem.

O IPS foi obtido com a ponderação dos valores médios de cada classe do MPG_S e suas respectivas áreas. O valor do IPS do cultivo da pastagem para o eucalipto foi de 75,4%, ou seja, a perda média de solo na área de cultivo de pastagem quando comparada com o cultivo do eucalipto foi de 75,4%.

4.6. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DA EROSIVIDADE NO ESTADO DO ES

Os mapas temáticos da probabilidade de ocorrência de erosividade mensal e anual para o Estado do ES foram elaborados em função dos valores críticos de erosividade superiores ou iguais ao terceiro quartil.

Os valores do terceiro quartil utilizados como valores críticos na krigagem indicativa para a erosividade mensal e anual podem ser observados na Tabela 22.

Os valores do terceiro quartil da erosividade das chuvas variaram de 82,3 a 2.061,1 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ para os meses de agosto e dezembro, respectivamente (Tabela 22). Estes valores discrepantes do terceiro quartil da erosividade das chuvas indicam que se deve ter atenção antes de se inferir sobre as regiões com maior risco de erosão no Estado do ES, pois pode acontecer de em um mês de menor erosividade se encontrar uma maior área de probabilidade de ocorrência de erosividade acima do terceiro quartil quando comparada com um mês de maior erosividade, mas com uma área menor.

Tabela 22. Valores críticos da erosividade mensal e anual para o Estado do ES, considerando o terceiro quartil

R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	Valores críticos (3º quartil)
Janeiro	937,1
Fevereiro	548,8
Março	1.064,7
Abril	489,0
Maio	129,4
Junho	104,8
Julho	130,2
Agosto	82,3
Setembro	181,8
Outubro	439,9
Novembro	1.622,6
Dezembro	2.061,1
Anual	7.434,1

4.6.1. Análise Espacial

O modelo e os parâmetros ajustados para os semivariogramas escalonados pela variância dos dados para a probabilidade de ocorrência da erosividade mensal e anual maior ou igual ao terceiro quartil para o Estado do ES podem ser observados na Tabela 23 e nas Figuras 19a a 19m.

Tabela 23. Modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados pela variância dos dados para a probabilidade de ocorrência de erosividade mensal e anual acima do terceiro quartil para o Estado do ES

Probabilidade de ocorrência da erosividade	Semivariograma						Validação cruzada	
	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)	r	CR
Janeiro	Esférico	390.000,0	0,6	1,4	44,0	93,3	0,7	1,1
Fevereiro	Esférico	100.000,0	0,1	1,1	12,4	95,2	0,7	0,9
Março	Esférico	42.000,0	0,5	1,1	49,0	82,2	0,5	0,8
Abril	Esférico	110.000,0	0,4	1,1	38,4	97,0	0,6	1,1
Maio	Esférico	150.000,0	0,4	1,2	37,7	93,8	0,7	1,1
Junho	Esférico	146.000,0	0,3	1,2	23,0	98,2	0,9	1,1
Julho	Esférico	100.000,0	0,2	1,1	17,9	97,2	0,8	1,1
Agosto	Esférico	130.000,0	0,4	1,2	31,0	97,3	0,8	1,1
Setembro	Esférico	65.000,0	0,2	1,1	18,2	94,5	0,7	1,0
Outubro	Esférico	152.000,0	0,6	1,2	49,8	94,3	0,6	1,2
Novembro	Exponencial	25.000,0	0,0	1,0	5,2	61,3	0,5	0,7
Dezembro	Esférico	238.000,0	0,5	1,1	43,2	98,3	0,8	1,0
Anual	Exponencial	47.000,0	0,0	0,9	0,1	73,3	0,7	0,9

a: alcance; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial [C₀/(C₀+C)]; R²: coeficiente de determinação; r: coeficiente de correlação entre valores observados e estimados; CR: coeficiente da regressão da validação cruzada.

Os valores de alcance superiores a cem m obtidos para a probabilidade de ocorrência da erosividade mensal e anual (Tabela 23) indica confiabilidade nos resultados obtidos por meio da interpolação dos dados conforme Corá et al. (2004).

O baixo valor de C_0 de 0,0; 0,0; 0,1; 0,2 e 0,2 (Tabela 23) obtidos para os meses de novembro, anual, fevereiro, julho e setembro, respectivamente, demonstram que o efeito pepita sobre este fator é pequeno, ou seja, a variância do acaso ou gerada a partir de erros na coleta, análise e/ou processamento dos dados amostrais é pequena. Os valores de C_0 de 0,3; 0,4; 0,4; 0,4; 0,5; 0,5; 0,6 e 0,6 obtidos para os meses de junho, abril, maio, agosto, março, dezembro, janeiro e outubro, respectivamente (Tabela 23). Segundo Isaaks e Srivastava (1989) a amplitude de C_0 influencia na krigagem, sendo que os menores valores de C_0 possibilitam a obtenção da menor variância da estimativa.

Os valores de IDE de 0,1; 5,2; 12,4; 17,9; 18,2 e 23% (Tabela 23) obtidos no ajuste anual e dos meses de novembro, fevereiro, julho, setembro e junho, respectivamente, indicam o forte grau de dependência espacial que este fator possui, segundo Cambardella et al. (1994). Para os meses de agosto, maio, abril, dezembro, janeiro, março e outubro os valores de IDE obtidos foram de 31,0; 37,7; 38,4; 43,2; 44,0; 49,0 e 49,8% indicam o moderado grau de dependência espacial que este fator possui (CAMBARDELLA et al., 1994).

Conforme Azevedo (2004) os valores de R^2 superiores a 50% obtidos para o ajuste dos semivariogramas da probabilidade de ocorrência de erosividade mensal e anual acima do terceiro quartil (Tabela 23) indicam a obtenção de resultados confiáveis a partir da interpolação dos dados.

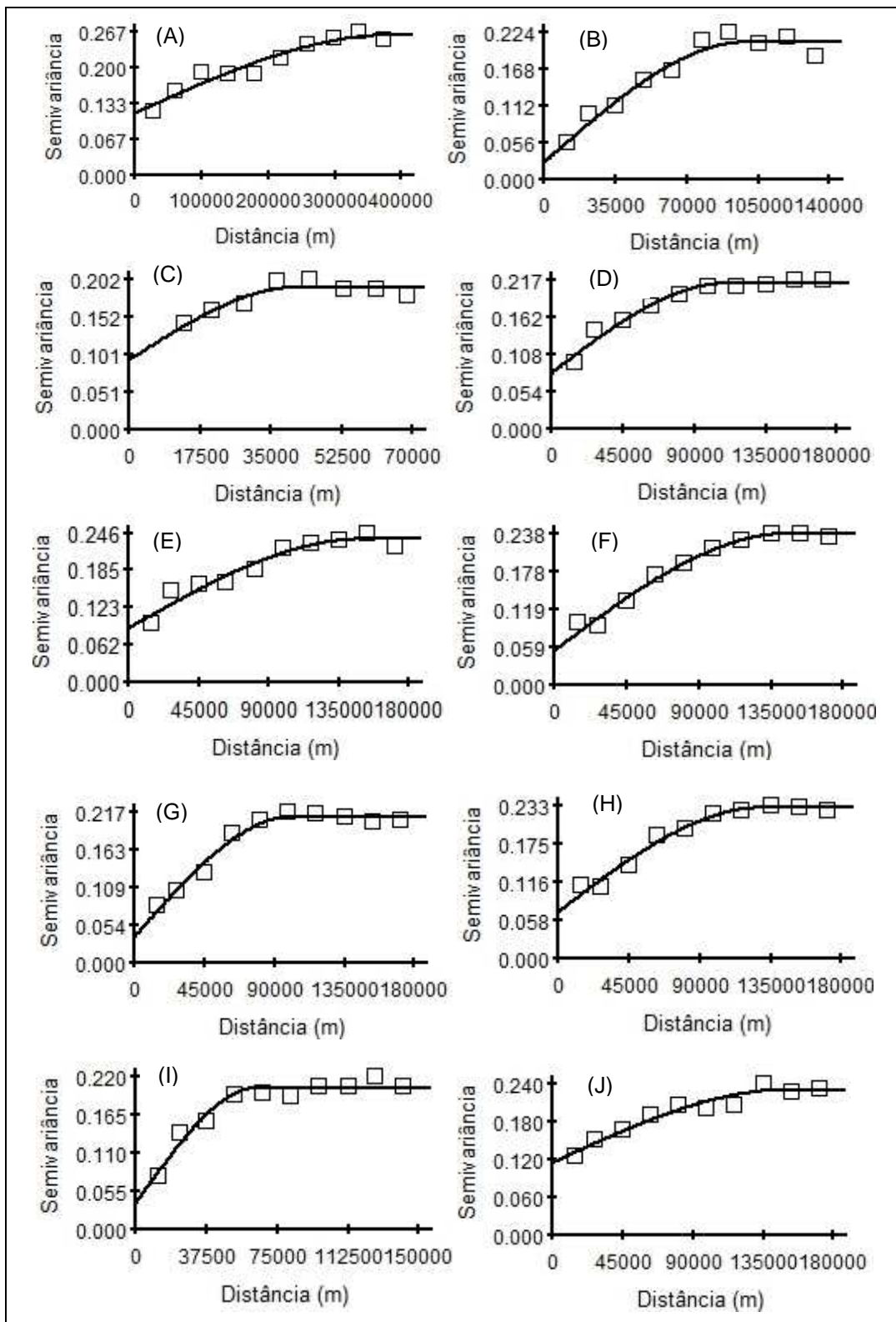


Figura 19: Semivariogramas da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de janeiro (A), fevereiro (B), março (C), abril (D), maio (E), junho (F), julho (G), agosto (H), setembro (I) e outubro (J) para o Estado do ES.

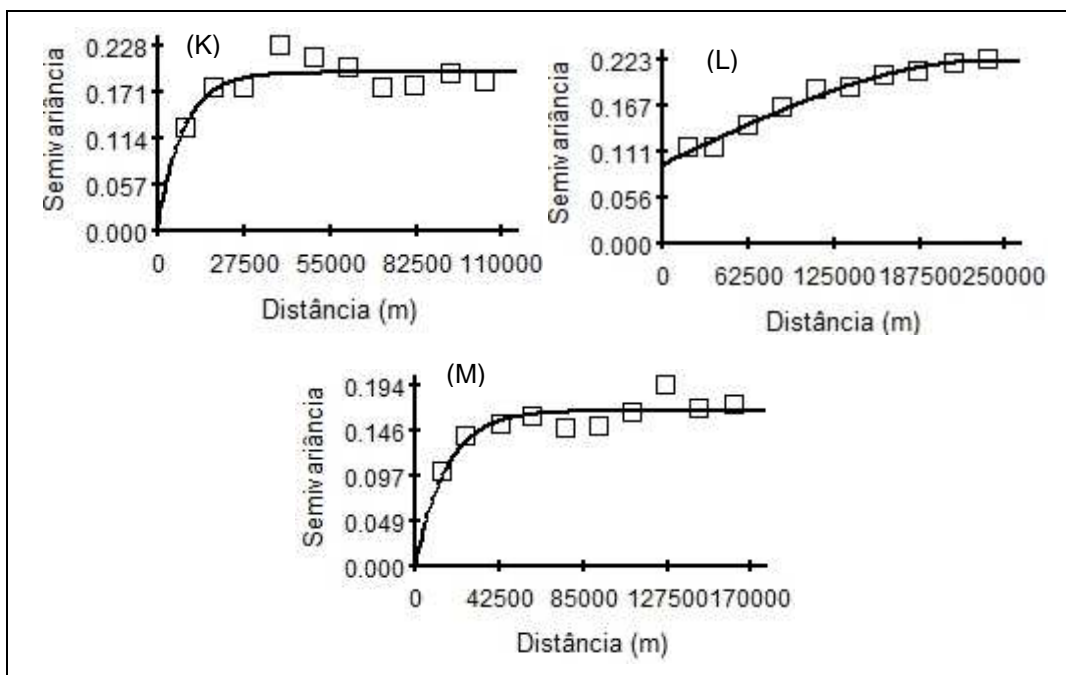


Figura 19: Semivariogramas da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de novembro (K) e dezembro (L) e anual (M) para o Estado do ES.

Os valores do coeficiente de correlação de 0,5 e 0,6 (Tabela 23) obtidos para a validação cruzada do ajuste dos semivariogramas dos meses de março, novembro e abril, outubro são considerados como regular, segundo Andriotti (2010). Os valores de 0,7 a 0,9 encontrados para os demais meses e a anual, são considerados como forte, segundo Andriotti (2010).

A espacialização da probabilidade de ocorrência da erosividade mensal e anual acima do terceiro quartil para o Estado do ES podem ser observadas nas Figuras 20 a 26.

Na Figura 20a observa-se que parte da região Sudoeste, do Estado do ES representada pelos municípios de Dores do Rio Preto e Irupi e parte dos municípios de Alegre, Divino de São Lourenço, Guaçuí, Ibatiba, Ibitirama, Iúna e Muniz Freire (Anexos 1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de janeiro.

Na Figura 20b observa-se que parte da região Sudoeste, do Estado do ES representada pelos municípios de Alegre, Castelo e Guaçuí e parte dos municípios de Conceição do Castelo, Cachoeiro de Itapemirim, Divino de São Lourenço, Dores do Rio Preto, Ibitirama, Iúna, Jerônimo Monteiro, Mimoso do Sul, Vargem Alta, Venda Nova do Imigrante e São José do Calçado (Anexos 1 e

2)apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de fevereiro.

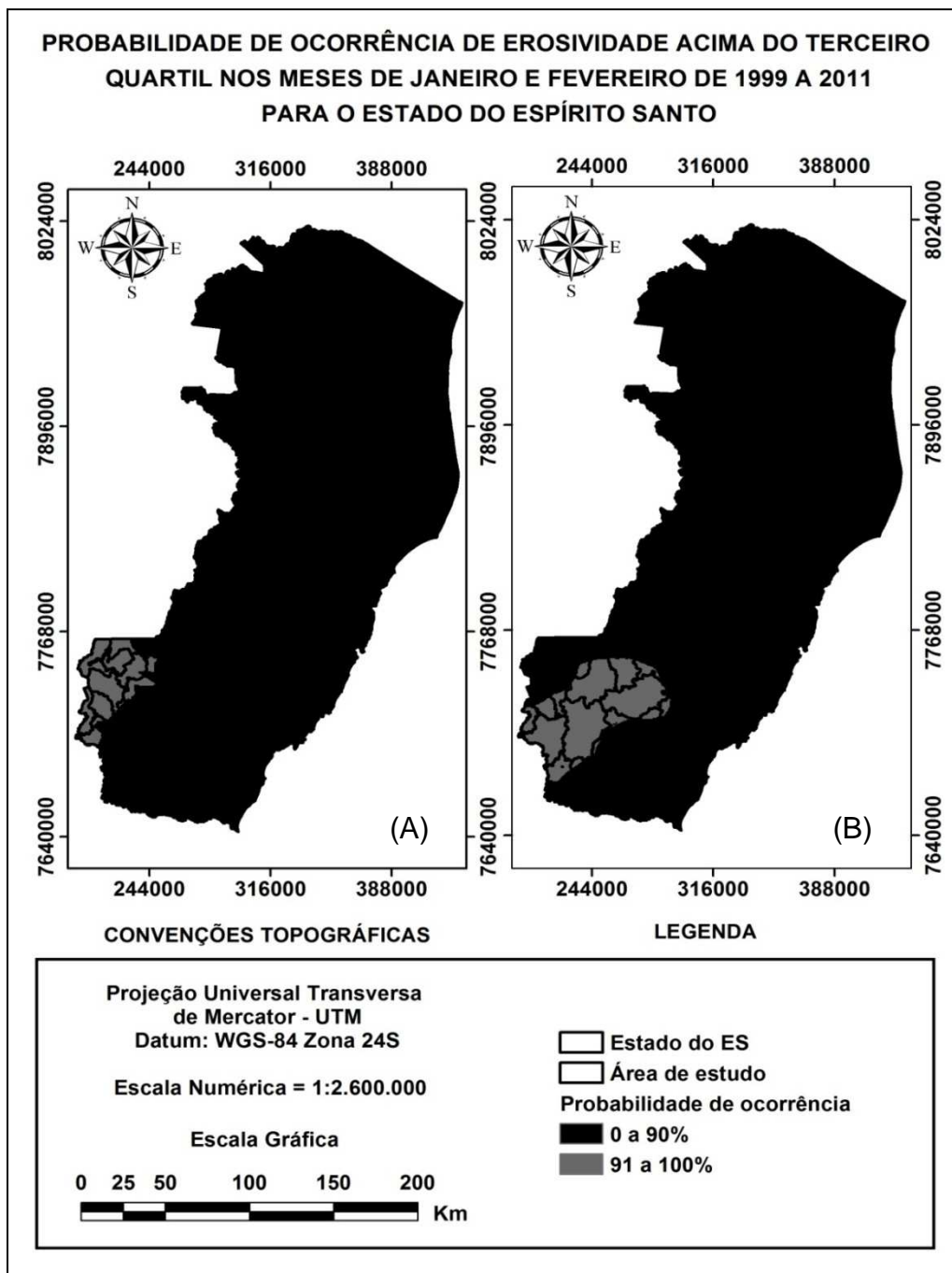


Figura 20: Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de janeiro (A) e fevereiro (B) para o Estado do ES.

Na Figura 21a observa-se que parte dos municípios de Domingos Martins, Dores do Rio Preto, Guaçuí e Marechal Floriano (Anexos1 e 2)apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de março.

Na Figura 21b observa-se que parte dos municípios de Jaguaré, Linhares e São Mateus (Anexos 1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de abril.

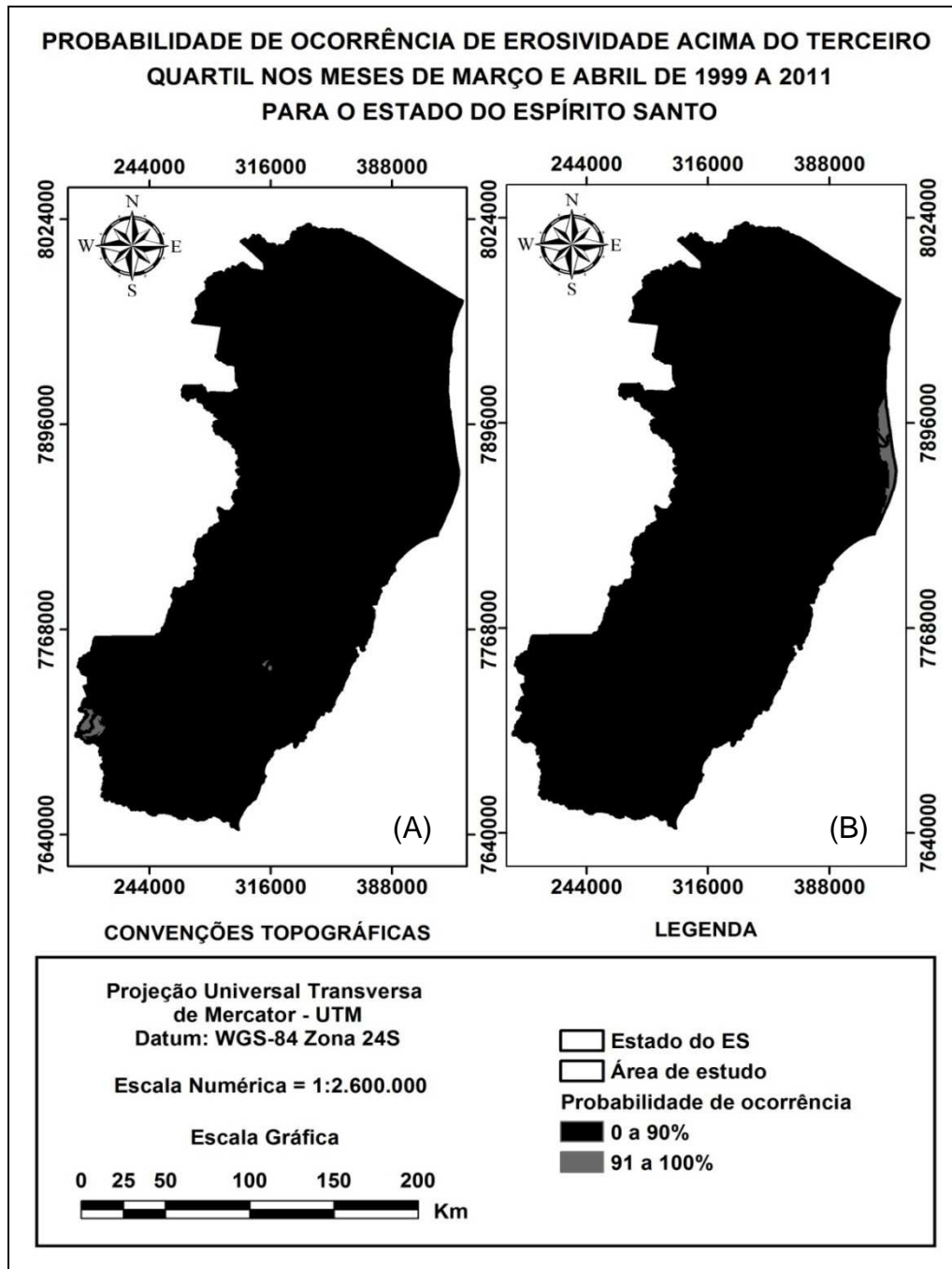


Figura 21: Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de março (A) e abril (B) para o Estado do ES.

Na Figura 22a observa-se que parte dos municípios de Anchieta e Guarapari (Anexos1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de

ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de maio. Este resultado indica o menor risco de erosão hídrica para os solos do Estado neste mês.

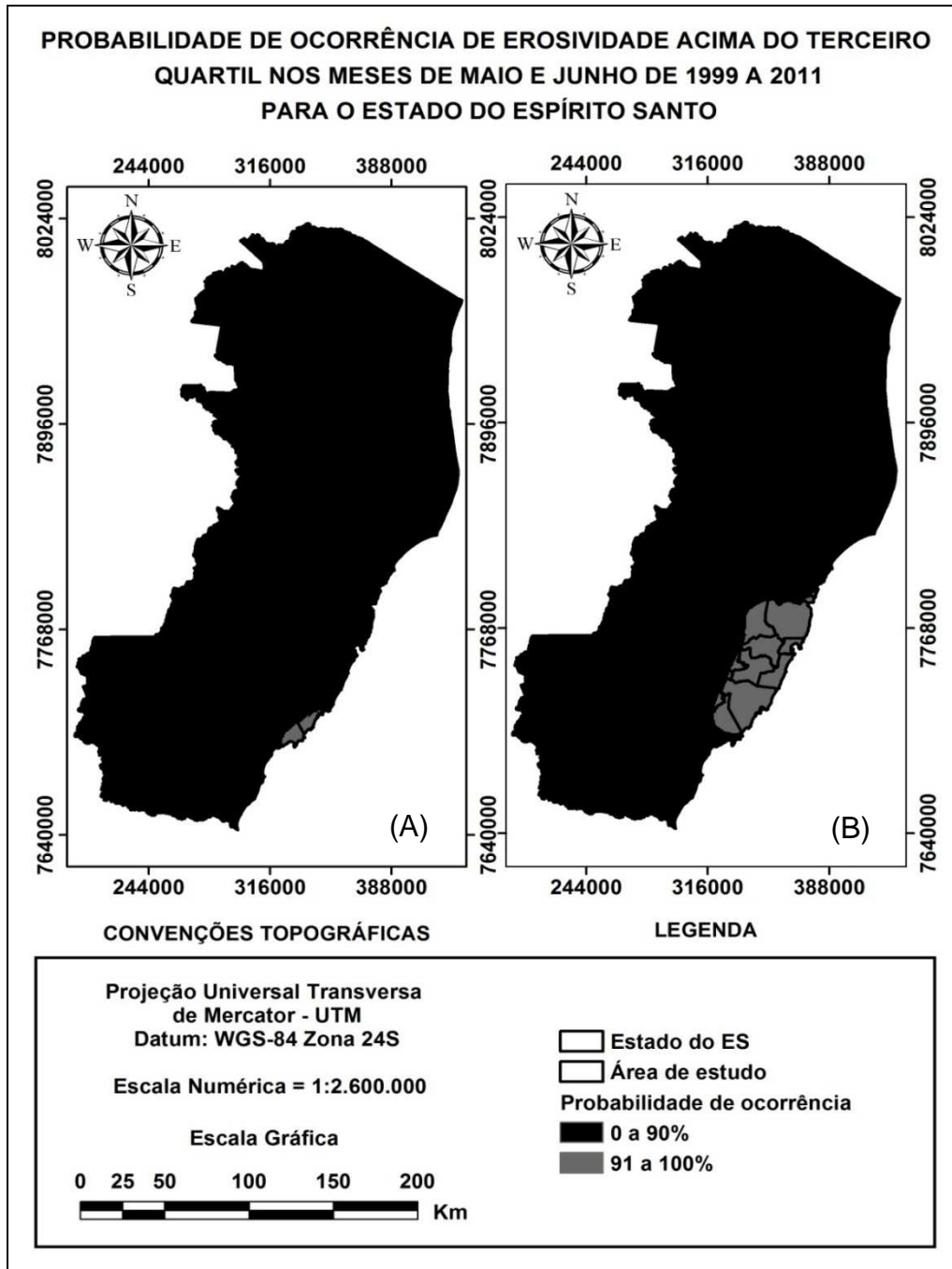


Figura 22: Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil no mês de maio (A) e junho (B) para o Estado do ES.

Na Figura 22b observa-se que parte da região Leste e Sudeste, do Estado do ES representada pelos municípios de Viana, Vila Velha e Vitória e parte dos municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Aracruz, Cariacica,

Domingos Martins, Fundão, Guarapari, Marechal Floriano e Santa Leopoldina (Anexos 1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de junho.

Na Figura 23a observa-se que parte da região Nordeste, Leste e Sudeste, do Estado do ES representada pelos municípios de Guarapari e parte dos municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Conceição da Barra, Iconha, Jaguaré, Linhares, Marechal Floriano, São Mateus, Viana e Vila Velha (Anexos1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de julho.

Na Figura 23b observa-se que parte dos municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Guarapari, Jaguaré, Linhares e São Mateus (Anexos1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de agosto.

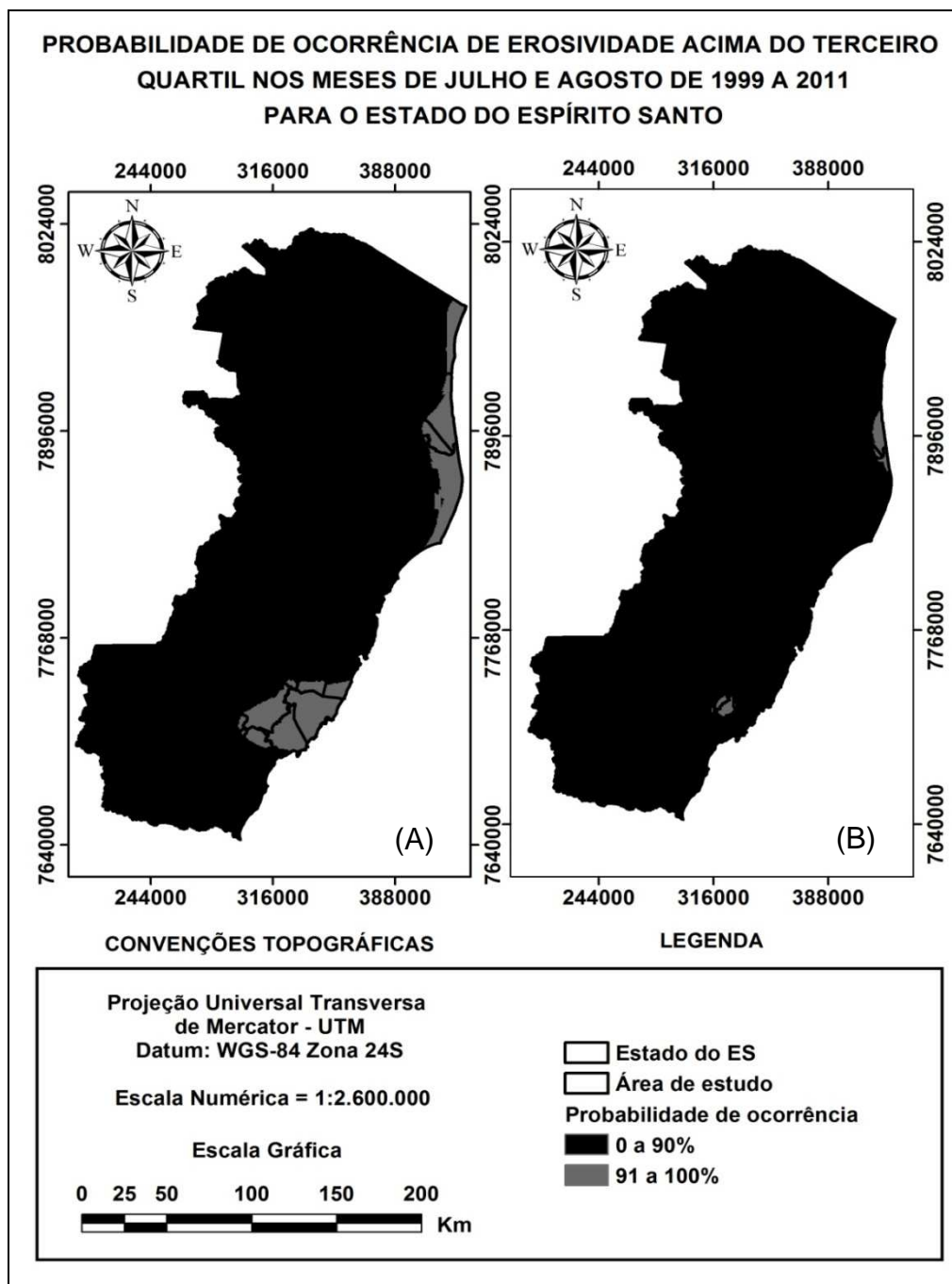


Figura 23: Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de julho (A) e agosto (B) para o Estado do ES.

Na Figura 24a observa-se que parte da região Nordeste e Sudeste, do Estado do ES representada por parte dos municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Cariacica, Conceição da Barra, Guarapari, Iconha, Piúma, Rio Novo do Sul, Santa Leopoldina e Vargem Alta (Anexos 1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de setembro.

Na Figura 24b observa-se que parte dos municípios de Aracruz e Linhares (Anexos 1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de outubro.

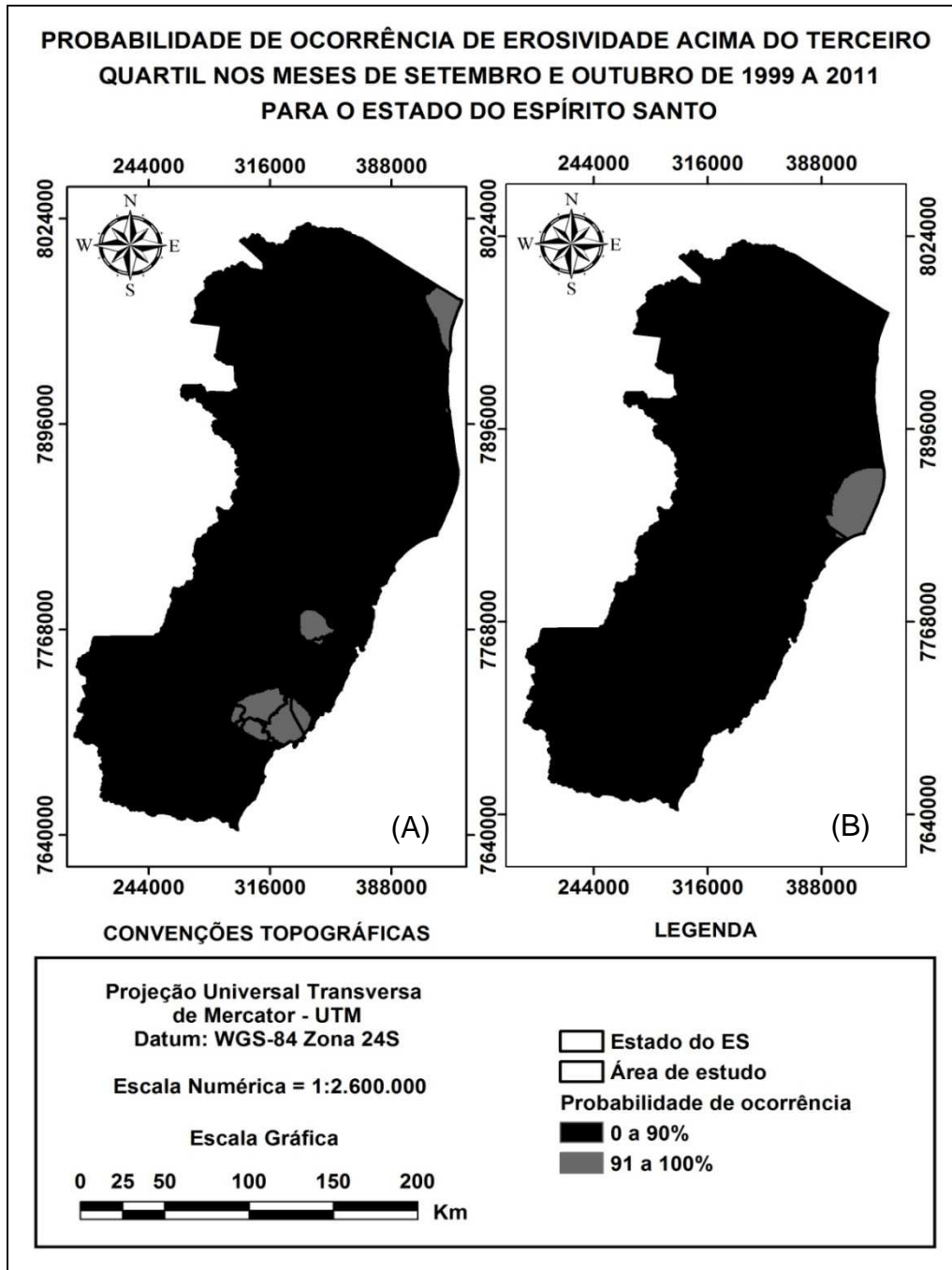


Figura 24: Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de setembro (A) e outubro (B) para o Estado do ES.

Na Figura 25a observa-se que parte dos municípios de Alfredo Chaves, Barra de São Francisco, Cariacica, Conceição da Barra, Fundão, Guaçuí, Ibitirama, Iconha, Jaguaré, Linhares, Mimoso do Sul, Santa Leopoldina, Santa

Maria do Jetibá, Santa Teresa e São Mateus (Anexos 1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de novembro.

Na Figura 25b observa-se que na região Sudoeste do Estado do ES, representada pelos municípios de Apiacá, Bom Jesus do Norte, Divino de São Lourenço, Dolores do Rio Preto, Guaçuí, Ibitirama e São José do Calçado e parte dos municípios de Alegre, Irupi, Lúna, Mimoso do Sul e Muniz Freire (Anexos 1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil para o mês de dezembro.

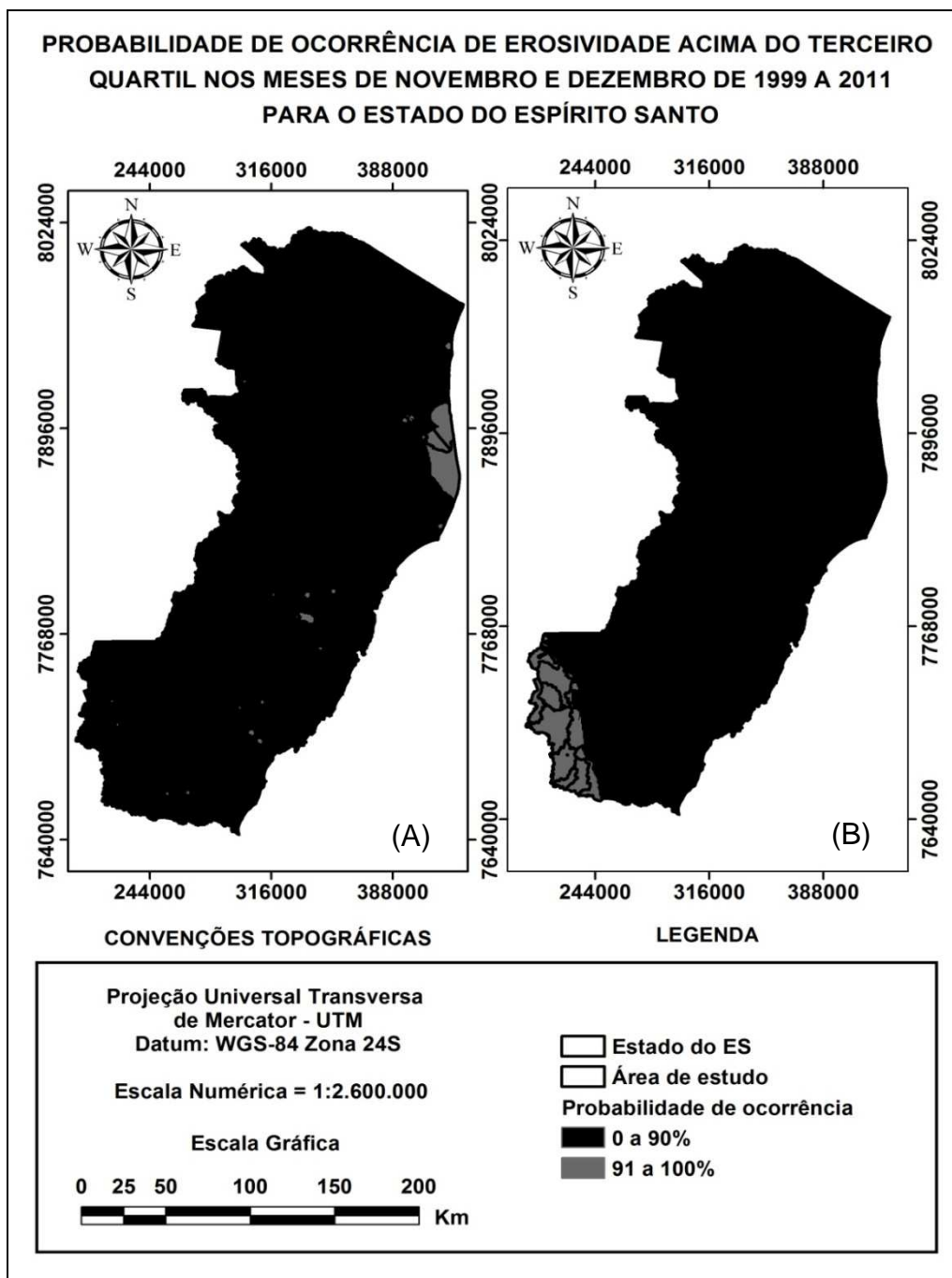


Figura 25: Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade acima do terceiro quartil nos meses de novembro (A) e dezembro (B) para o Estado do ES.

Somente alguns locais das regiões Sul e Sudoeste do Estado do ES, representada pelos municípios de Divino de São Lourenço, Dolores do Rio Preto, Ibitirama, Irupi e Iúna e parte dos municípios de Alegre, Alfredo Chaves, Cariacica, Domingos Martins, Guaçuí, Ibatiba, Iconha, Marechal Floriano, Mimoso do Sul, Muniz Freire, Muqui, Rio Novo do Sul, Santa Teresa, São José do Calçado e Vargem Alta (Anexos 1 e 2) apresentaram de 91 a 100% de

probabilidade de ocorrência da erosividade anual acima do terceiro quartil (Figura 26).

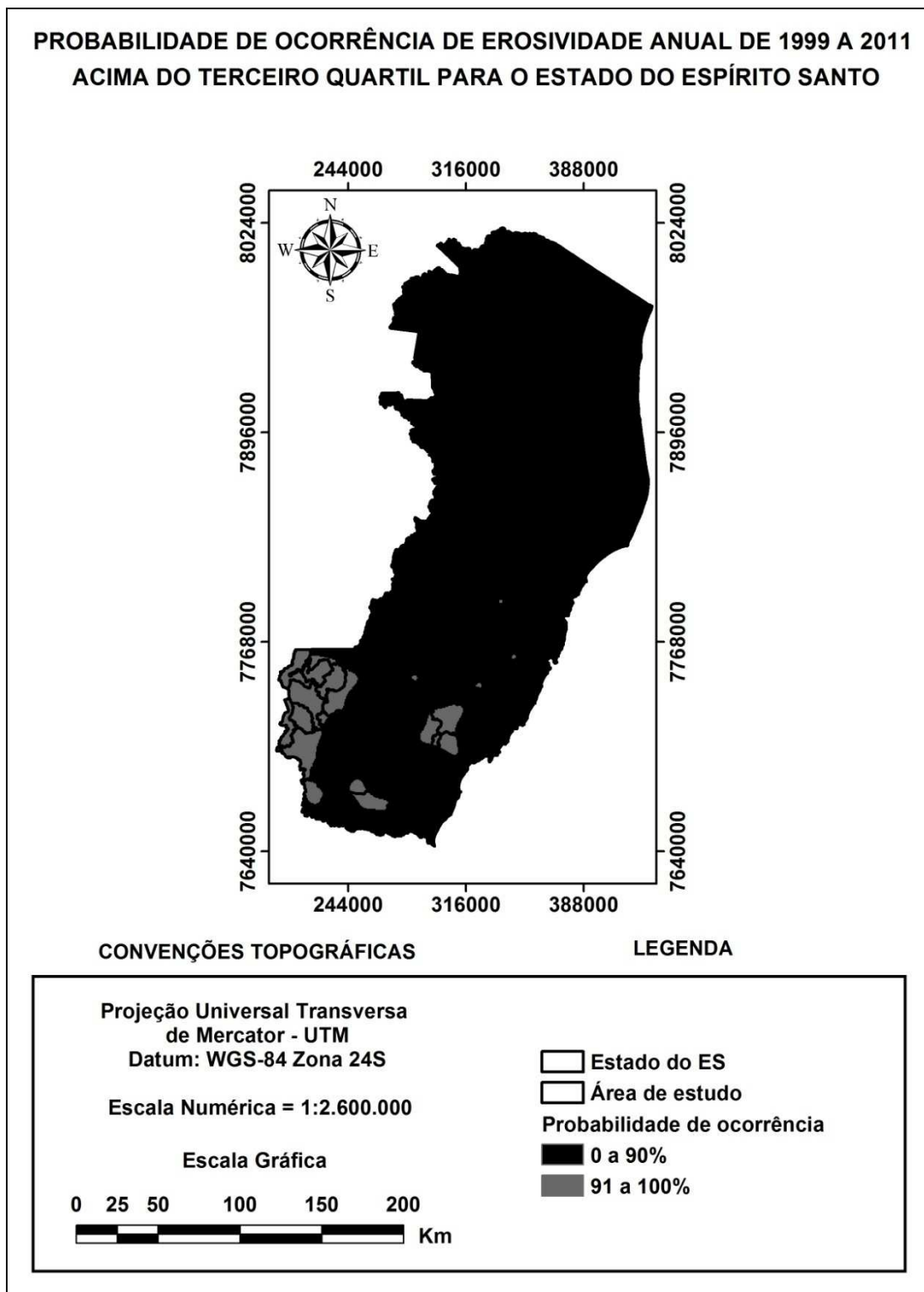


Figura 26: Mapa da probabilidade de ocorrência da erosividade anual acima do terceiro quartil para o Estado do ES.

Os municípios do Estado do ES que apresentaram de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência de erosividade mensal e/ou anual acima do terceiro quartil, estão mais propícios a sofrerem processos erosivos do que os que não apresentaram essa probabilidade, e por isso, necessitam de um manejo conservacionista, utilizando-se de técnicas como plantio em curvas de nível, plantio direto, terraceamento, construção de caixas secas, cultivo mínimo, entre outras.

Contudo é preciso se ressaltar que apesar de alguns municípios terem se enquadrado dentro dessa classe de maior risco de erosividade, tem que se levar em consideração o mês em que os mesmos estão contido, pois os meses de maio a setembro possuem valores críticos variando de 82 a 182 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ (Tabela 22), enquanto que os meses de outubro a abril possuem valores críticos variando de 439 a 2.062 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ (Tabela 22). Desta forma, os municípios com 91 a 100% de probabilidade de ocorrência de erosividade acima do terceiro quartil pertencentes aos meses de outubro a abril, são os que possuem o maior risco de perdas de solo.

Na Tabela 24 observa-se a área (ha) e a porcentagem do Estado do ES com probabilidade de 91 a 100% de ocorrência de erosividade mensal e anual acima do terceiro quartil.

Tabela 24. Quantificação das áreas com probabilidade de 91 a 100% de ocorrência de erosividade mensal e anual acima do terceiro quartil para o Estado do ES

Mês	Área (ha)	% do Estado do ES
Jan.	165.744	3,60
Fev.	353.304	7,67
Mar.	21.456	0,47
Abr.	33.984	0,74
Mai	18.828	0,41
Jun.	257.328	5,59
Jul.	330.732	7,18
Ago.	34.272	0,74
Set.	179.352	3,89
Out.	110.880	2,41
Nov.	84.852	1,84
Dez.	227.304	4,94
Anual	288.864	6,27

Observando-se a Tabela 24 é possível identificar que o mês de fevereiro corresponde ao mês com uma maior porcentagem de área do Estado do ES

(7,67%) com 91 a 100% de probabilidade de ocorrência de erosividade acima do terceiro quartil, enquanto que o mês de maio é quem possui a menor porcentagem de área do Estado do ES (0,41%) com 91 a 100% de probabilidade de ocorrência de erosividade acima do terceiro quartil.

4.7. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS E O TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO COM AS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DO EUCALIPTO

As características dendrométricas foram submetidas à análise descritiva e os seus resultados estão apresentados na Tabela 25.

A análise da correlação linear de Pearson ($p < 0,05$) entre as frações granulométricas e o teor de MO do solo e as características dendrométricas do eucalipto podem ser observadas na Tabela 26.

Tabela 25. Análise descritiva das características dendrométricas do eucalipto

Características dendrométricas	Medidas de posição						Medidas de dispersão					
	n	Mín.	Máx.	Média	Md.	1º Q	3ºQ	s	CV(%)	C _S	C _K	K-S
PAP (cm)	94	39,6	54,0	46,6	46,6	45,0	48,2	2,6	5,6	0,0	0,2	ns
DAP (cm)	94	12,6	17,2	14,8	14,8	14,3	15,4	0,8	5,6	0,0	0,2	ns
AB _i (cm ²)	94	124,9	232,2	173,1	172,9	161,2	185,0	19,3	11,2	0,2	0,3	ns

PAP: perímetro a altura do peito; DAP: diâmetro a altura do peito; AB_i: área basal individual; n: número de amostras; Mín.: mínimo; máx.: máximo; Md.: mediana; 1º Q: primeiro quartil; 3º Q: terceiro quartil; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; C_S: coeficiente de assimetria; C_K: coeficiente de curtose; K-S : teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; ns: distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (p<0,05).

Tabela 26. Coeficientes de correlação de Pearson entre as frações granulométricas e o teor de matéria orgânica do solo e as características dendrométricas do eucalipto

Atributos	Argila	Silte	AMF	MO 2008	MO 2011	PAP	DAP	AB
ARG	1,00	-0,22*	-0,52*	-0,33*	-0,28*	-0,25*	-0,25*	-0,26*
SIL		1,00	0,23*	0,25*	0,12	0,05	0,05	0,06
AMF			1,00	0,49*	0,09	-0,03	-0,03	-0,03
MO 2008				1,00	0,31*	-0,16	-0,16	-0,16
MO 2011					1,00	-0,25*	-0,25*	-0,25*
PAP						1,00	1,00*	1,00*
DAP							1,00	1,00*
AB								1,00

ARG: argila; SIL: silte; AMF: areia muito fina; MO 2008: teor de matéria orgânica no ano de 2008; MO 2011: teor de matéria orgânica no ano de 2011; PAP: perímetro a altura do peito (1,3 m); DAP: diâmetro a altura do peito; AB: área basal; *: significativo pelo teste t em nível de 5% de probabilidade.

As características dendrométricas do eucalipto em estudo apresentaram baixo CV ($CV < 12\%$) conforme Warrick e Nielsen (1980). Essa baixa variabilidade apresentada pelas características dendrométricas do eucalipto possivelmente estão relacionadas ao fato de as mudas serem clonais e por isso apresentam um desenvolvimento uniforme.

O PAP e o DAP apresentaram distribuição simétrica, com os valores de média e mediana iguais (Tabela 25). A AB_i apresentou distribuição assimétrica a direita com o valor da média superior ao da mediana, indicando uma maior concentração dos dados abaixo da média (Tabela 25).

As características dendrométricas do eucalipto em estudo apresentaram distribuição leptocúrtica.

O PAP, DAP e a AB_i apresentaram distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov em nível de 5% de probabilidade (Tabela 25).

Os baixos valores do CV, associados aos valores do C_s iguais a zero ou próximo de zero e a distribuição normal apresentada pelo PAP, DAP e a AB_i (Tabela 25) indicam o crescimento homogêneo da cultura dentro da área de estudo, o que era esperado por se tratar de mudas clonais.

A análise de correlação indicou a existência de uma correlação negativa da ARG com o SIL, a AMF, a MO 2008, a MO 2011, o PAP, o DAP e a AB (Tabela 26), ou seja, os locais com maiores teores de argila apresentaram os menores valores dos outros atributos. O inverso também é válido, desta forma, pode-se afirmar que os locais com os menores teores de argila apresentaram os maiores valores dos demais atributos em estudo.

O SIL apresentou correlação positiva com a AMF e a MO 2008 (Tabela 26), podendo inferir que os locais com maior teor de SIL apresentará os maiores teores de AMF e MO 2008. A AMF apresentou correlação positiva com a MO 2008 (Tabela 24), ou seja, os locais com os maiores teores de AMF também apresentarão os maiores teores de MO 2008.

A MO 2008 apresentou correlação positiva com a MO 2011 (Tabela 26), desta forma, os locais que apresentaram os maiores teores de MO 2008 também apresentaram os maiores teores de Mo 2011, e o inverso também é válido. Pela MO 2008 não ter apresentado correlação com o PAP, DAP e a AB_i , pode-se afirmar que existiam apenas resíduos de MO 2008 no ano de 2011.

A análise de correlação entre a MO 2011 e o PAP, DAP e a AB apresentaram correlação negativa (Tabela 26), ou seja, os locais com os maiores teores de MO 2011 apresentaram os menores valores de PAP, DAP e a AB_i , e os locais com os menores teores de MO 2011 apresentaram os maiores valores de PAP, DAP e a AB_i .

A correlação alta e positiva entre o PAP e o DAP e a AB_i , bem como a correlação entre o DAP a AB (Tabela 26), já eram esperadas, pois é possível se determinar o DAP a partir do PAP, ou vice-versa e a AB depende do DAP, desta forma também pode ser determinada a partir do PAP.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que o estudo foi realizado, a análise dos resultados permitiu-se concluir que:

A região Centro Sul do Estado do ES apresenta os maiores valores de erosividade das chuvas, enquanto a região Norte apresenta os menores valores, tanto para o período de cultivo da pastagem, quanto do eucalipto;

A erosividade anual no Estado do ES foi maior no período de 2009 a 2011, contudo, os valores da erosividade na área de estudo sob o cultivo do eucalipto, são inferiores aos valores de erosividade durante o período de cultivo da pastagem;

Somente algumas localidades da região Sul e Sudoeste do Estado do ES apresentam de 91 a 100% de probabilidade de ocorrência da erosividade anual acima do terceiro quartil;

As frações granulométricas e o teor de MO do solo possuem variabilidade espacial e esta é influenciada pelo relevo da área de estudo;

A erodibilidade do solo possui dependência espacial e a mesma é influenciada pela altitude e pela declividade;

A erodibilidade do solo apresenta o mesmo padrão espacial para os períodos de cultivo da pastagem e do eucalipto com três anos de idade;

A perda de solo apresentou variabilidade temporal entre as culturas estudadas;

A perda de solo estimada durante o período de cultivo do eucalipto é menor do que no período de cultivo da pastagem, indicando a sustentabilidade desse sistema;

A matéria orgânica possui correlação negativa com o perímetro a altura do peito, diâmetro a altura do peito e área basal individual do eucalipto.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 121-128, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. ANA – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. SNIRH. Disponível em: <<http://portalsnirh.ana.gov.br/Esta%C3%A7%C3%B5esdaANA/tabid/359/Default.aspx>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

AMARAL, G. **Características químicas e físicas de diferentes classes de solos da zona metalúrgica mineira e produtividade de eucalipto**. 2000. 98f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2000.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. Rio Grande do Sul: UNISINOS, 2010.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. Estimativa da erosividade das chuvas (R) nas terras secas do Estado do Piauí. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 287-291, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília, p. 1-150, abr. 2012.

AZEVEDO, E. C. **Uso da geoestatística e recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no Estado de Mato Grosso**. 2004. 141f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

BARROS, N. F. **Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de Eucalyptus alba, na região de Santa Bárbara, MG**. 1974. 89f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1974.

BARROS, L. S.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MOURÃO JÚNIOR, M. Perdas de solo e água em plantio de Acacia mangium WILD e savana em Roraima, Norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 447-454, 2009.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; VISENTIN, D.; COGO, N. P. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 455-464, 2002.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1990.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BERTONI, J.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. Cap. 5, p. 177-241.

BITAR, O. Y.; IYOMASA, W. S.; CABRAL Jr., M. Geotecnologia: tendências e desafios. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 3, 2000.

BONO, J. A. M.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R.; CARVALHO, M. M.; SILVA, M. L. N. Cobertura vegetal e perdas de solo por erosão em diversos sistemas de melhoramento de pastagens nativas. **Pasturastropicales**, v. 18, n. 2, 1996.

BRITO, L. F. **Erosão hídrica de Latossolo Vermelho distrófico típico em área de pós-plantio de eucalipto na região de Guanhaes (MG)**. 2004. 78f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2004.

BRITO, L. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, C.; LEITE, F. P.; FERREIRA, M. M.; PIRES, L. S. Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em área de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do Estado de Minas Gerais. **ScientiaForestalis**, n. 67, p. 27-36, abr. 2005.

CABRAL, C. E. A.; AMORIM, R. S. S.; DORES, E. F. G. C.; BONFIM-SILVA, E. M. Estimativa de perda de solo em sistemas de cultivo em lavouras de algodão. **EnciclopédiaBiosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-8, 2010.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America**. J., 58, p. 1501-1511, 1994.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SÁFADI, T.; FONSECA, S.; FERREIRA, M. M.; MARTINS, S. G.; MARQUES, J. J. G. S. M. Erosão hídrica avaliada pela alteração na superfície do solo em sistemas florestais. **ScientiaForestalis**, n. 66, p. 25-37, dez. 2004.

CARVALHO, D. C. **Potencial natural de erosão em Cristais Paulista – SP: Uma análise de suscetibilidade utilizando o modelo EUPS e a sistemática morfoestrutural**. 2008. 73f. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro, 2008.

CHAVES, H. M. L. Aplicacion de los métodos de predicción de riesgo de erosion potencial y actual em La planificación de suelos y águaasa nível de microcuencas. In: FAO (Roma, Itália). **Erosion de suelos em America Latina**. Santiago, 1994. p. 187-190.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 1013-1021, 2004.

DAVID, M. **Geoestatistical ore reverse estimation**. New York:ElsevierScientific, 1977.

DOMINGOS, J. L. **Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma bacia hidrográfica**. 2006. 67f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212 p.

ESRI. ArcGis – ArcMap 10.0. Help online. Disponível em: <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Welcome_to_the_ArcGIS_Help_Library/00r90000001n000000/>. Acesso em: 12 mar. 2011.

FABRES, A. S.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Produtividade e exportação de nutrientes em eucaliptos e identificação de sítios visando o manejo do solo e o manejo florestal em áreas da CENIBRA. **Relatório Anual/Programa 86-87**, Viçosa: Convênio SIF/UFV, 1987.

FERGUSON, M. **Conversão de pastagens degradadas em lavouras: aumento da produção sem desmatamento**. 2009. Disponível em: <www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=31048>. Acesso em: 21 nov. 2011.

FIETZ, C. R. **Variabilidade espacial do armazenamento de água no solo visando o manejo da irrigação por aspersão**. 1998. 97f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, n. 6, p. 355-359, 1981.

FRANCO, F. S.; COUTO, L; CARVALHO, A. F.; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, E.; MEIRA NETO, J. A. A. Quantificação de erosão em sistemas agrícolas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, p. 751-760, 2002.

FRIDGES, J. J.; FRAISSE, C. W.; KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A. Delineation and analysis of site-specific management zones. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5, 2000. Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: ASA/CSSA/SSSA, 2000. 16p.

FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do Oeste paulista com suporte de geoprocessamento.** 2002. 136f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

GARCIA e GARCIA, A. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e resposta espectral da cultura de feijão irrigado, em imagens aéreas digitais.** 1997. 79f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1997.

GEOBASES – Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo. 2008. Disponível em: <http://www.geobases.es.gov.br/publico/AcessoNavegador.aspx?id=142&nome=NAVEGADOR_GEOBASES>. Acesso em: 20 jan. 2012.

GONÇALVES, J. L. M. Conservação do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais.** Piracicaba: IPEF, 2002. p. 47-130.

GOOGLE EARTH 7.0. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada.** Uberlândia: UFU. 2004.

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. C. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002.

HUDSON, N. W. **Soil Conservation.** Ithaca: Cornell University Press, 1973.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Efetivo nacional de bovinos cresce 1,5% em 2009.** Nov. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1761&id_pagina=1>. Acesso em: 31 out. 2011.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics.** New York: Oxford University, 1989.

LAL, R.; ELLIOT, W. Erodibility and erosivity, In: LAL, R. **Soil erosion: research methods.** Ankeny: SoilandWaterConservationSociety, 1994.p. 180-208.

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos.** DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 06, 19p. 2002. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 20 out. 2012.

LEMOS, R. C. BENNEMA, J.; SANTOS, R. D.; ITURIRI, J. O.; INCLAN, R. S.; PANOSO, L. A.; MENDES, W.; MELO, J. O.; SILVEIRA, C. O. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo – Contribuição a carta de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura – Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônômicas – Comissão de solos, 1960.

LIMA, J. S. S. Distribuição espacial da matéria orgânica, grau de floculação e argila dispersa em água em área de vegetação natural em regeneração e pastagem. (no prelo).

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 327-332, abr./jun., 2008.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. Distribuição espacial da matéria orgânica sob vegetação natural em regeneração e em área de pastagem. In: II SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2011, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/UNESP, 2011, p. 1-5.

MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C.; CURI, N.; SANTANA, D. P.; SILVA, M. L. N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos Cerrados – Primeira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 427-434, 1997.

MARTINS, S. G. **Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos tabuleiros costeiros, ES**. 2005. 117f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2005.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na Região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 395-403, 2003.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; FONSECA, S. Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em mata Atlântica nos tabuleiros costeiros do Estado do Espírito Santo. **ScientiaForestalis**. Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 517-526, set. 2010.

MELLO, C. R.; CAROLINO SÁ, M. A.; CURI, N.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 537-545, 2007.

MONTEBELLER, C. A. **Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio de Janeiro**. 2005. 115f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédia, 2005.

MONTEBELLER, C. A.; CEDDIA, M. B.; CARVALHO, D. F.; VIEIRA, S. R.; FRANCO, E. M. Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio de Janeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 426-435, maio/ago., 2007.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida.** Campinas: Instituto Agrônomo/EMBRAPA Solos. 1999.

ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento eucalipto e atributos do solo e do relevo.** 2003. 220f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

ORTIZ, J. L.; VETTORAZZI, C. A.; COUTO, H. T. Z.; GONÇALVES, J. L. M. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. **ScientiaForestalis**, Piracicaba, n. 72, p. 67-79, 2006.

PEREIRA, D. P. **Análise técnica e de custos de povoamento de eucalipto sob preparo manual e mecanizado do solo em área declivosa no Sul do Espírito Santo.** 2010. 130f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2010.

PIRES, L. S. **Sistemas de manejo de eucalipto e erosão hídrica em Latossolo Vermelho-Amarelo muito argiloso na região de Belo Oriente (MG).** 2004. 84f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2004.

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. de F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região Centro-Leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 687-695, 2006.

PREZOTTI, L. C.; FULLIN, E. A. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. In: PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo - 5º aproximação.** Vitória – ES: SESA/INCAPER/CEDAGRO, 2007.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.** Viçosa: UFV, 2006.

RANZINI, M.; LIMA, W. P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com Eucalyptus, no Vale do Paraíba, SP. **ScientiaForestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 144-159, 2002.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera.** Campinas: Fundação Cargill, 1985.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 2. ed. Viçosa: NEPUT, 1997.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATTOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de **Pinus taeda** para produção de celulose kraft. **RevistaÁrvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.

ROBERTSON, G. P. **GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ user's guide**. Plainwell: Gamma Desing Software, 1998.

ROSA, R. O uso de sistemas de informação geográfica para estimativa de perda de solo por erosão laminar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA, 1995, Goiânia. **Anais...**Goiânia: Cegraf, 1995, p. 8-16.

RUHOFF, A. L.; SOUZA, B. S. P.; GIOTTO, E.; PEREIRA, R. S. Avaliação dos processos erosivos através da equação universal de perdas de solos, implementada com algoritmos em legal. **Geomática**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 12-22, 2006.

SAITO, N. S.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; SANTOS, A. R.; GARCIA, G. O. Uso da geotecnologia na estimativa da erosividade das chuvas e sua relação com o uso e ocupação do solo para o Espírito Santo. **Revista Verde**, v. 4, n. 2, p. 51-63, abr./jun., 2009.

SAMPAIO, A. N. Eucaliptos para o Brasil. **Arquivos do Serviço Florestal**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 3-17, 1957.

SANCHEZ, R. B.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; MARTINS FILHO, M. V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1095-1103, 2009.

SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v.57, p.251-259, 2004.

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolosob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1223-1230, 2005.

SILVA, A. P. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo**. 1988. 98f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1988.

SILVA JÚNIOR, R. L. **Variabilidade espacial do índice de cone correlacionada com mapas de produtividade**. 2011. 132f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 665-674, 2003.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, M. S.; FERREIRA, M. M.; LOMBARDI NETO, F. Comparação entre métodos direto e indiretos para determinação da erodibilidade em Latossolos sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1751-1761, nov. 1994.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; FERREIRA, M. M. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de Latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1207-1220, 2000.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N. Índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia, GO. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 10, p. 977-985, out. 1997.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, R. B.; SOUZA, G. S.; SILVA, M. A. Análise espacial da erosão hídrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de café conilon. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 4, p. 355-342, out./dez. 2007.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, R. B. Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas para o Estado do Espírito Santo, Brasil. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n.3, p. 312-323, 2010.

SILVEIRA, R. L. V. A; GONÇALVES, A. N.; SILVEIRA, R. I.; BRANCO, E. F. Levantamento do estado nutricional de florestas de Eucalyptus grandis da região de Itatinga – SP. I – Macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 896-898.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. SBS. Fatos e Números do Brasil Florestal, São Paulo, dez. 2008.

SOUZA, G. S. **Uso de indicadores de fertilidade do solo da análise da degradação de uma área sob pastagem utilizando geoestatística**. 2009. 100f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2009.

SOUZA, V. **Estimativa de perdas de solo por erosão laminar na bacia do córrego Pinhalzinho II com suporte de geoprocessamento**. 2010. 75f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2010.

SOUZA, Z. M.; BARBIERI, D. M.; VERTUAN, H. V.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BENTO, M. J. C. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar na região de Jaboticabal (SP). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BARBIERI, D. M. Variabilidade espacial da textura de um Latossolo Vermelho eutroférico sob cultivo de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 309-319, maio/ago., 2004.

STEIN, D. P.; DONZELI, P. L.; GUIMENEZ, A. F.; PONÇANO, W. L.; LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão natural e antrópico na bacia do Peixe – Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 4, 1987, Marília. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1987.p. 105-135.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 1-21, jan./jun. 2005.

TRANGMAR, B. B. YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Adv. Agron.**, 38, p. 58-94, 1985.

VIEIRA, S. R. **Curso de atualização em conservação do solo** – Uso de geoestatística. Campinas: IAC, 1995.

VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo Roxo de Campinas. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-13, 1997.

VIEIRA, S. R.; LOMBARDI NETO, F. Variabilidade espacial do potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 405-412, 1995.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 1-45.

VIEIRA, V. F. Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica. **Geografia**, v. 17, n. 1, jan./jun. 2008.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

WANG, G.; FANG, S.; SHINKAVERA, S.; GERTNER, G.; ANDERSON, A. Spatial uncertainty in prediction of the topographical factor for the resided universal soil loss equation (RUSLE). **Transactionsofthe ASAE**, St. Joseph, v. 45, n. 1, p. 109-18, 2002.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p. 319-344.

WEILL, M. A. M. **Estimativa de erosão do solo e avaliação do seu impacto na Microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP) através do índice de tempo de vida**. 1999. 100f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

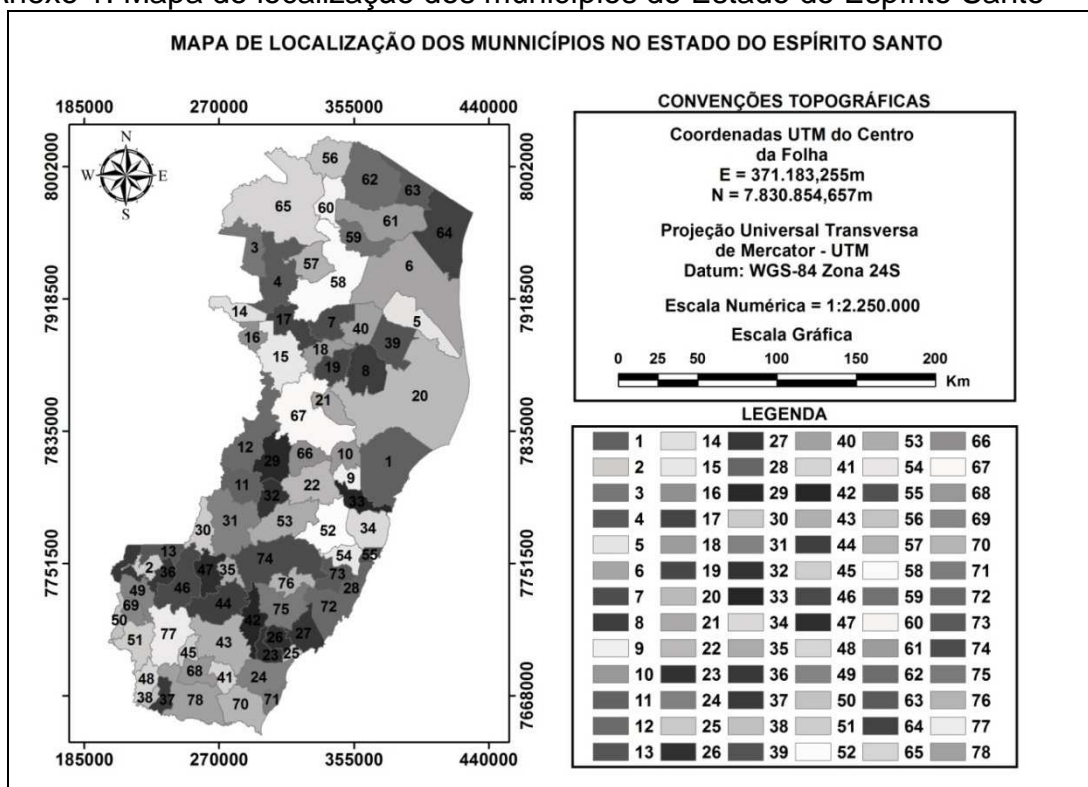
WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 26, n. 5, p. 189-193, 1971.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 58p. Agriculture Handbook, 537.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. S.; COELHO, R. I. ; QUARTEZANI, W. Z. Variabilidade espacial das frações granulométricas e da produção de bananeira 'prata anã'. **IDESIA**, v. 29, n. 2, maio/ago. 2011.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de localização dos municípios do Estado do Espírito Santo



Anexo 2. Tabela de identificação dos municípios do Estado do Espírito Santo

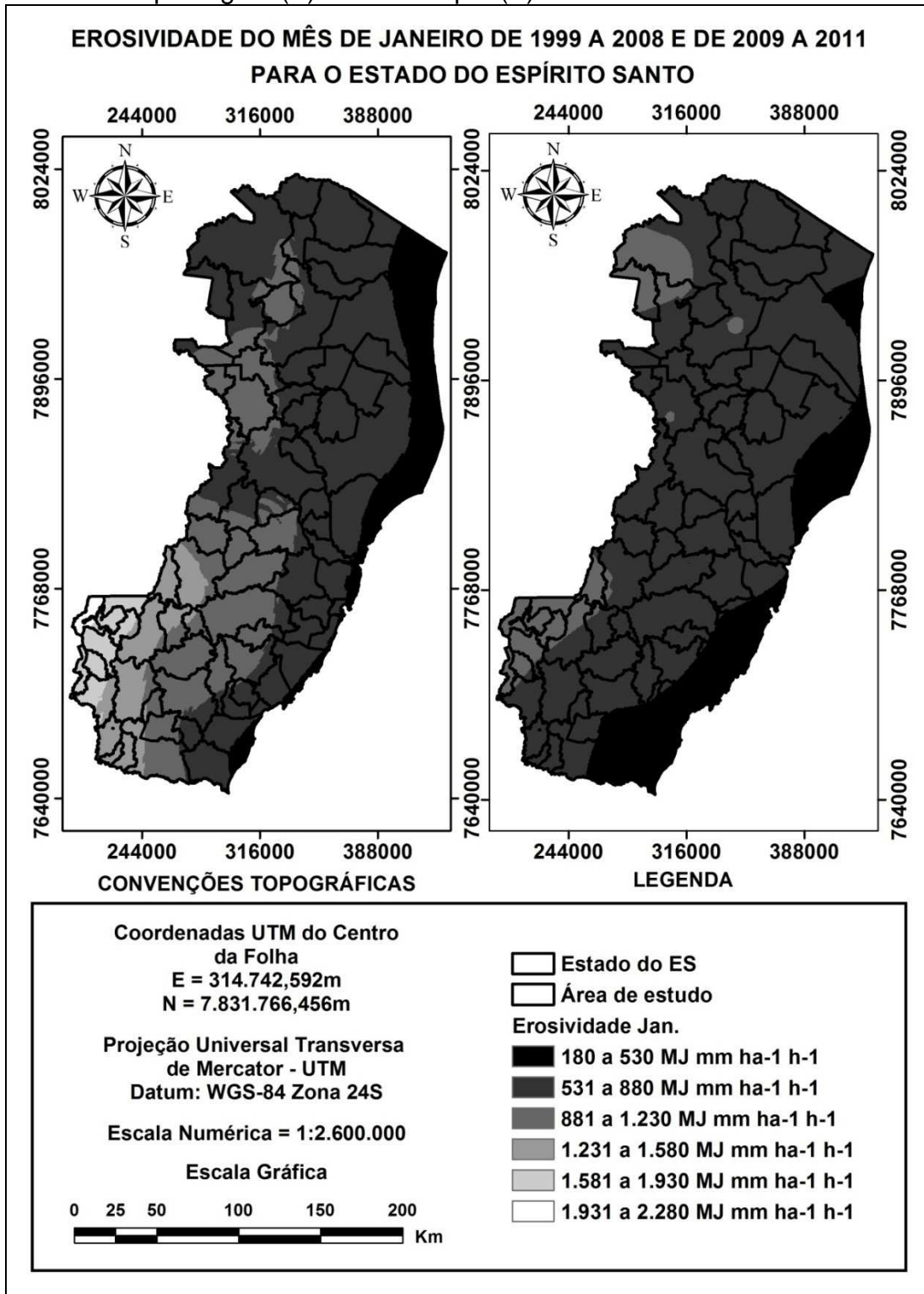
Municípios do Estado do Espírito Santo							
Código	Município	Código	Município	Código	Município	Código	Município
1	Aracruz	21	Marilândia	41	Atílio Vivacqua	61	Pinheiros
2	Irupí	22	Santa Teresa	42	Vargem Alta	62	Montanha
3	Água Doce do Norte	23	Rio Novo do Sul	43	Cachoeiro de Itapemirim	63	Pedro Canário
4	Barra de São Francisco	24	Itapemirim	44	Castelo	64	Conceição da Barra
5	Jaguare	25	Piúma	45	Jerônimo Monteiro	65	Ecoporanga
6	São Mateus	26	Iconha	46	Muniz Freire	66	São Roque do Canaã
7	São Gabriel da Palha	27	Anchieta	47	Conceição do Castelo	67	Colatina
8	Rio Bananal	28	Vila Velha	48	São José do Calçado	68	Muqui
9	Ibiraçú	29	Itaguaçu	49	Ibitirama	69	Divino de São Lourenço
10	João Neiva	30	Brejetuba	50	Dores do Rio Preto	70	Presidente Kennedy
11	Laranja da Terra	31	Afonso Cláudio	51	Guaçuí	71	Marataízes
12	Baixo Guandú	32	Itarana	52	Santa Leopoldina	72	Guarapari
13	Ibatiba	33	Fundão	53	Santa Maria de Jetibá	73	Viana
14	Mantenópolis	34	Serra	54	Cariacica	74	Domingos Martins
15	Pancas	35	Venda Nova do Imigrante	55	Vitória	75	Alfredo Chaves
16	Alto Rio Novo	36	Iúna	56	Mucurici	76	Marechal Floriano
17	Águia Branca	37	Apiacá	57	Vila Pavão	77	Alegre
18	São Domingos do Norte	38	Bom Jesus do Norte	58	Nova Venécia	78	Mimoso do Sul
19	Governador Lindenberg	39	Sooretama	59	Boa Esperança		
20	Linhares	40	Vila Valério	60	Ponto Belo		

Anexo 3. Tabela com os modelos e parâmetros dos semivariogramas escalonados pela variância dos dados para a erosividade mensal no Estado do ES

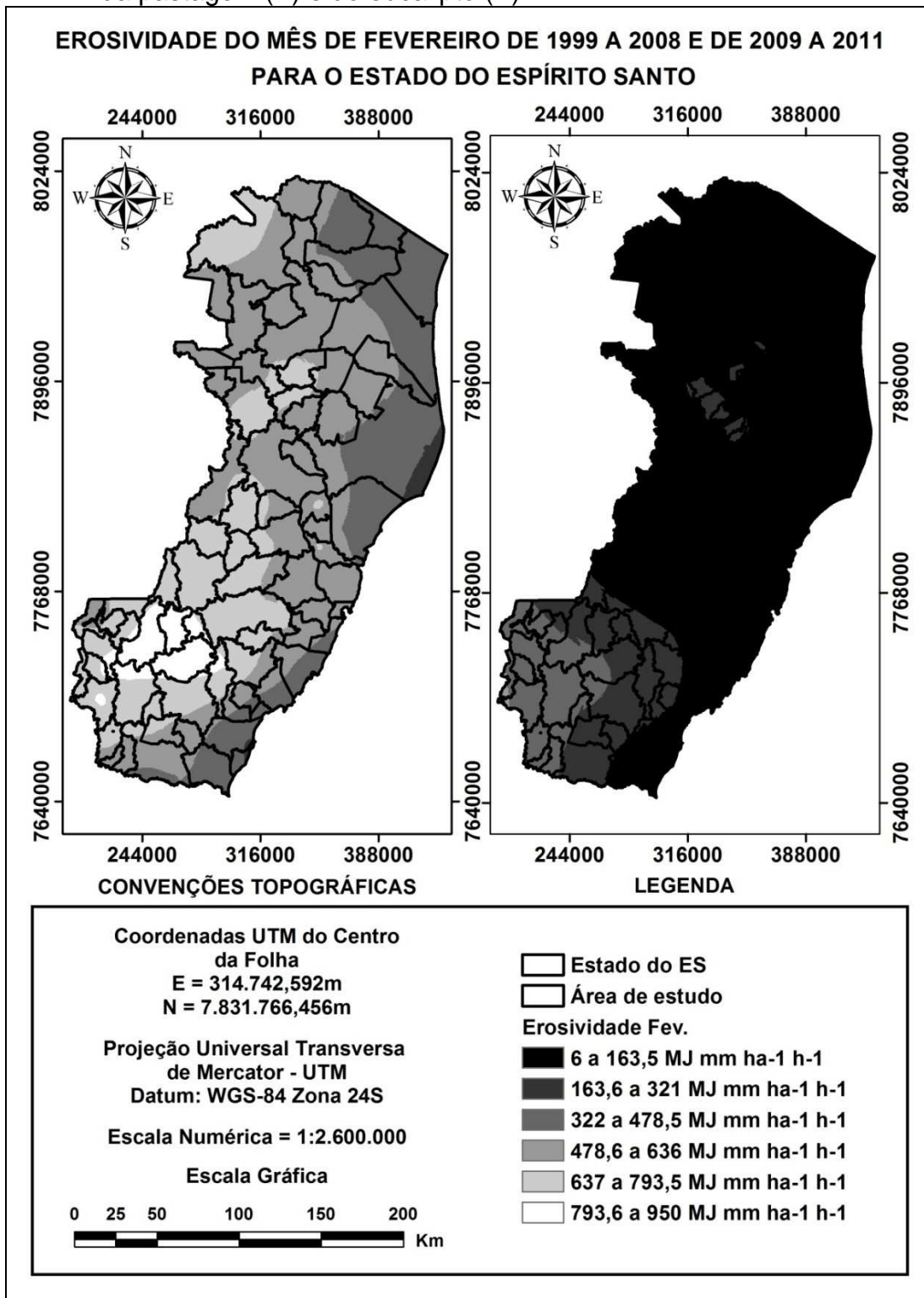
R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	Semivariograma						Validação cruzada	
	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)	r	CR
Janeiro ¹	Gaussiano	124.700,0	0,1	1,1	13,3	94,1	0,9	1,0
Janeiro ²	Esférico	127.600,0	0,3	1,1	26,6	96,2	0,7	1,1
Fevereiro ¹	Esférico	108.500,0	0,1	1,1	11,1	95,6	0,8	1,0
Fevereiro ²	Gaussiano	131.300,0	0,2	1,1	21,2	90,3	0,8	1,0
Março ¹	Esférico	79.900,0	0,1	1,0	6,4	72,7	0,8	1,0
Março ²	Esférico	93.200,0	0,1	0,7	7,3	98,7	0,9	1,0
Abril ¹	Gaussiano	147.500,0	0,1	1,4	9,3	97,8	0,8	1,0
Abril ²	Exponencial	138.000,0	0,0	1,2	0,2	90,0	0,9	1,0
Maió ¹	Gaussiano	142.200,0	0,2	1,3	15,9	98,4	0,9	1,0
Maió ²	Exponencial	194.700,0	0,0	1,3	0,3	92,7	0,7	1,0
Junho ¹	Esférico	136.600,0	0,0	1,3	0,2	97,9	0,9	1,0
Junho ²	Esférico	129.700,0	0,3	1,2	24,9	87,6	0,7	1,0
Julho ¹	Esférico	138.800,0	0,0	1,2	0,2	99,4	0,9	1,0
Julho ²	Esférico	83.700,0	0,0	1,1	0,1	95,3	0,9	1,0
Agosto ¹	Gaussiano	99.100,0	0,1	1,2	10,4	99,6	0,9	1,0
Agosto ²	Esférico	139.900,0	0,0	1,2	0,1	98,5	0,8	1,0
Setembro ¹	Exponencial	236.400,0	0,0	1,3	0,1	98,4	0,8	1,0
Setembro ²	Exponencial	48.900,0	0,0	0,9	0,2	86,4	0,8	1,1
Outubro ¹	Gaussiano	390.000,0	0,4	2,0	20,6	97,7	0,8	1,1
Outubro ²	Esférico	206.400,0	0,0	1,5	0,0	94,8	0,8	1,0
Novembro ¹	Exponencial	101.700,0	0,1	1,0	12,8	94,9	0,7	1,1
Novembro ²	Esférico	104.000,0	0,0	1,0	5,2	98,6	0,8	1,0
Dezembro ¹	Gaussiano	158.600,0	0,2	1,1	14,4	98,0	0,9	1,0
Dezembro ²	Gaussiano	166.000,0	0,3	1,2	26,1	89,4	0,9	1,1

R: erosividade das chuvas; ¹ período de cultivo da pastagem entre os anos de 1999 a 2008; ² período de cultivo do eucalipto entre os anos de 2009 a 2011; a: alcance; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial [C₀/(C₀+C)]; R²: coeficiente de determinação; r: coeficiente de correlação entre valores observados e estimados; CR: coeficiente da regressão da validação cruzada.

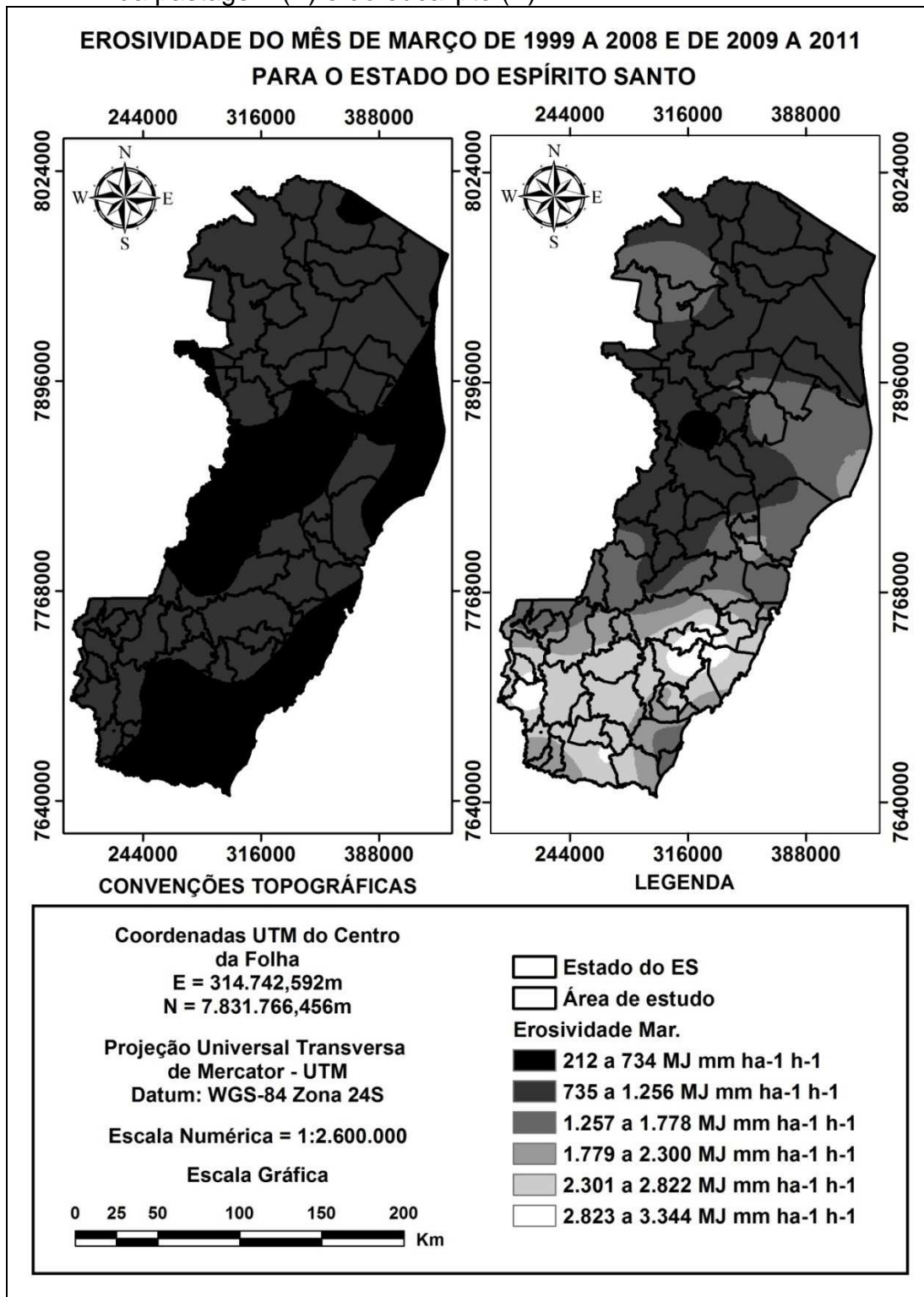
Anexo 4. Mapa da erosividade do mês de janeiro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



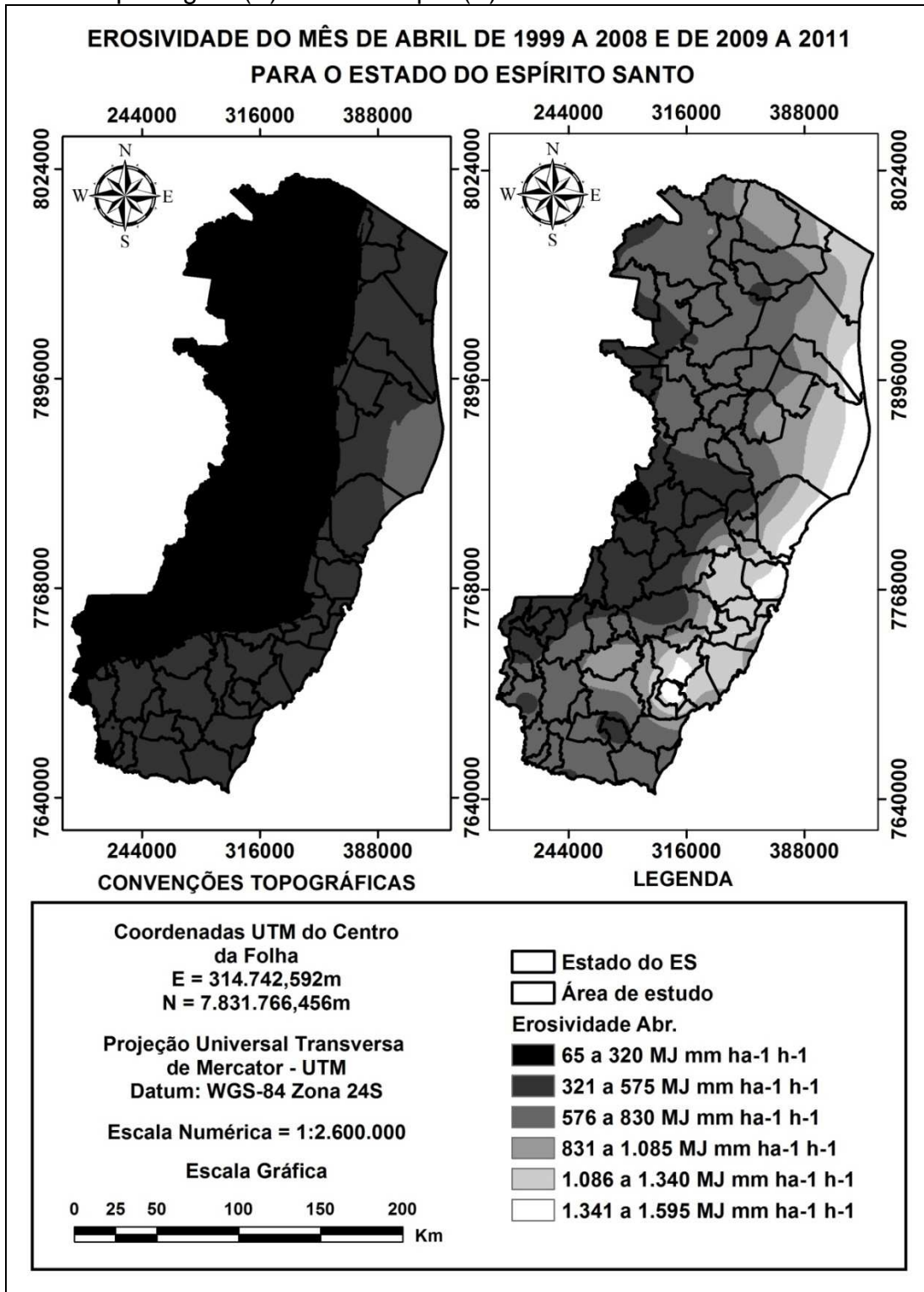
Anexo 5. Mapa da erosividade do mês de fevereiro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



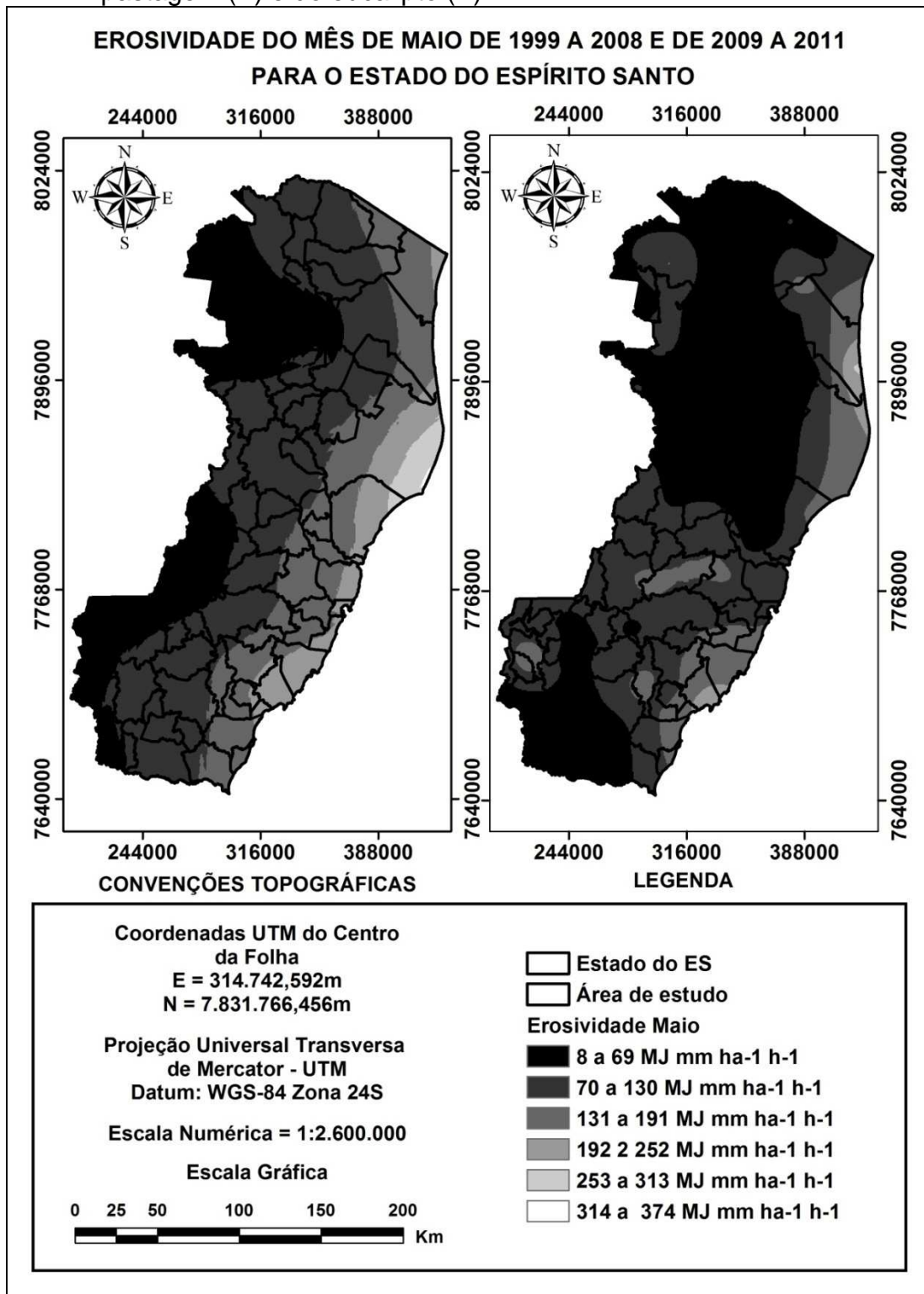
Anexo 6. Mapa da erosividade do mês de março durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



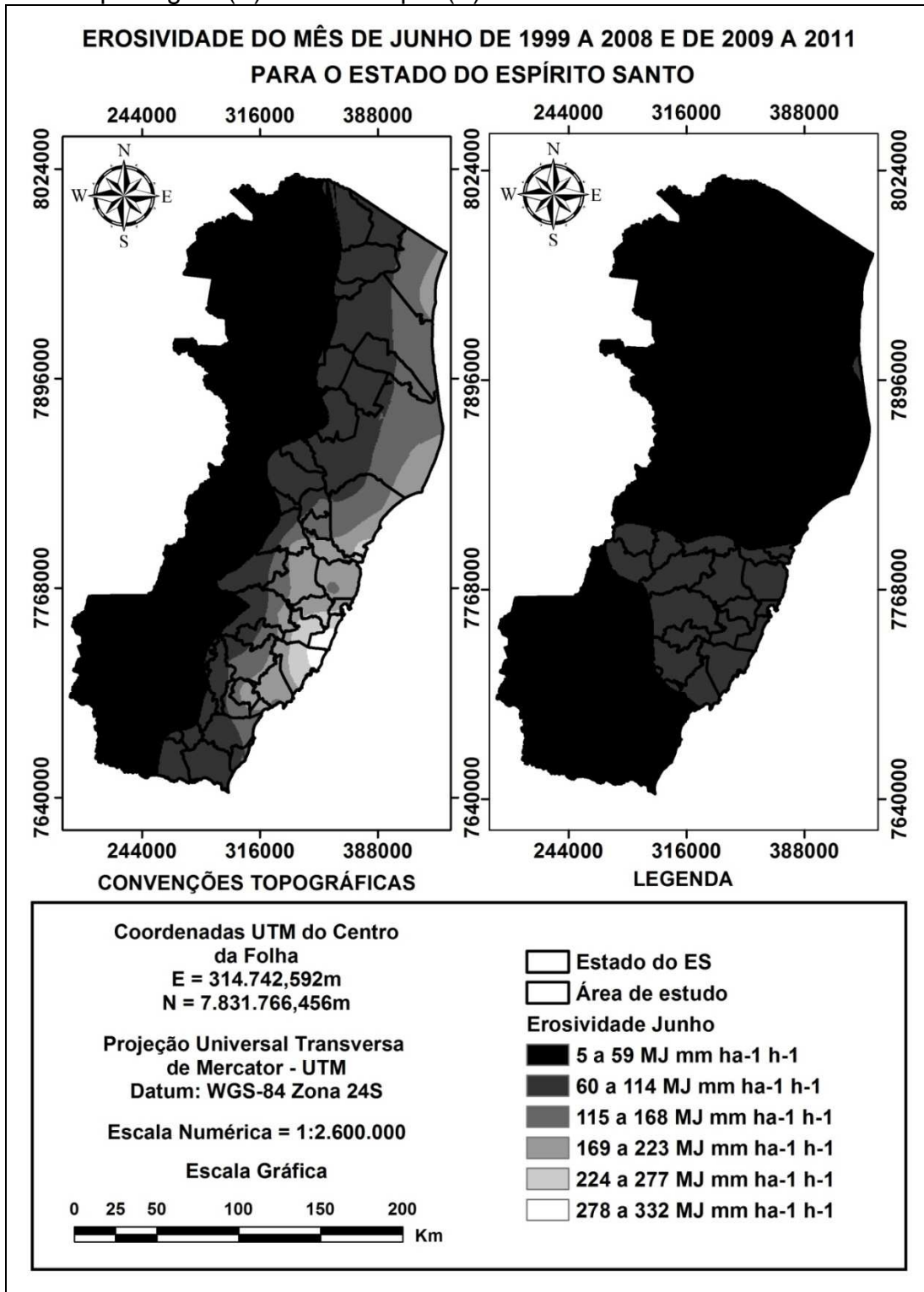
Anexo 7. Mapa da erosividade do mês de abril durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



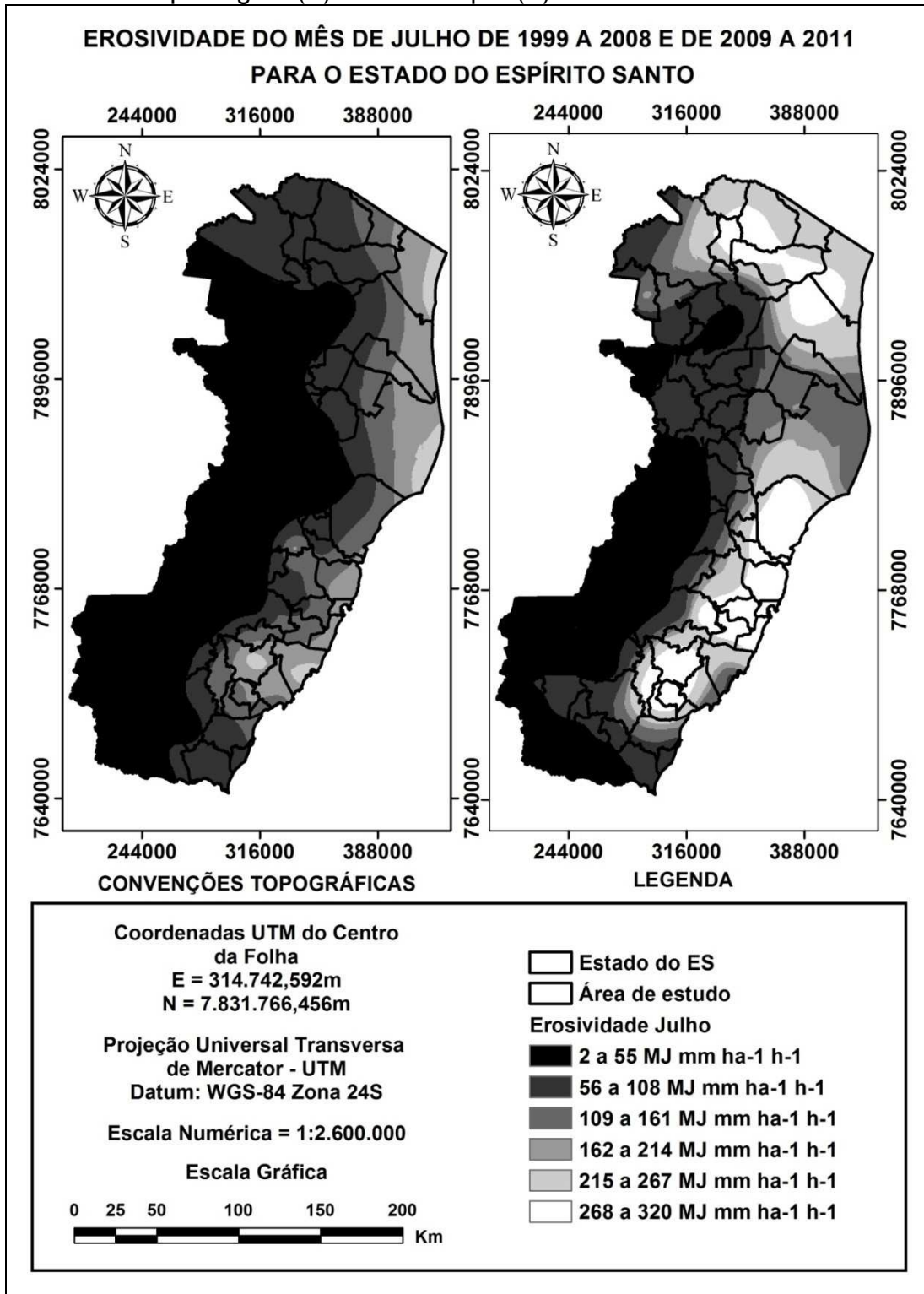
Anexo 8. Mapa da erosividade do mês de maio durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



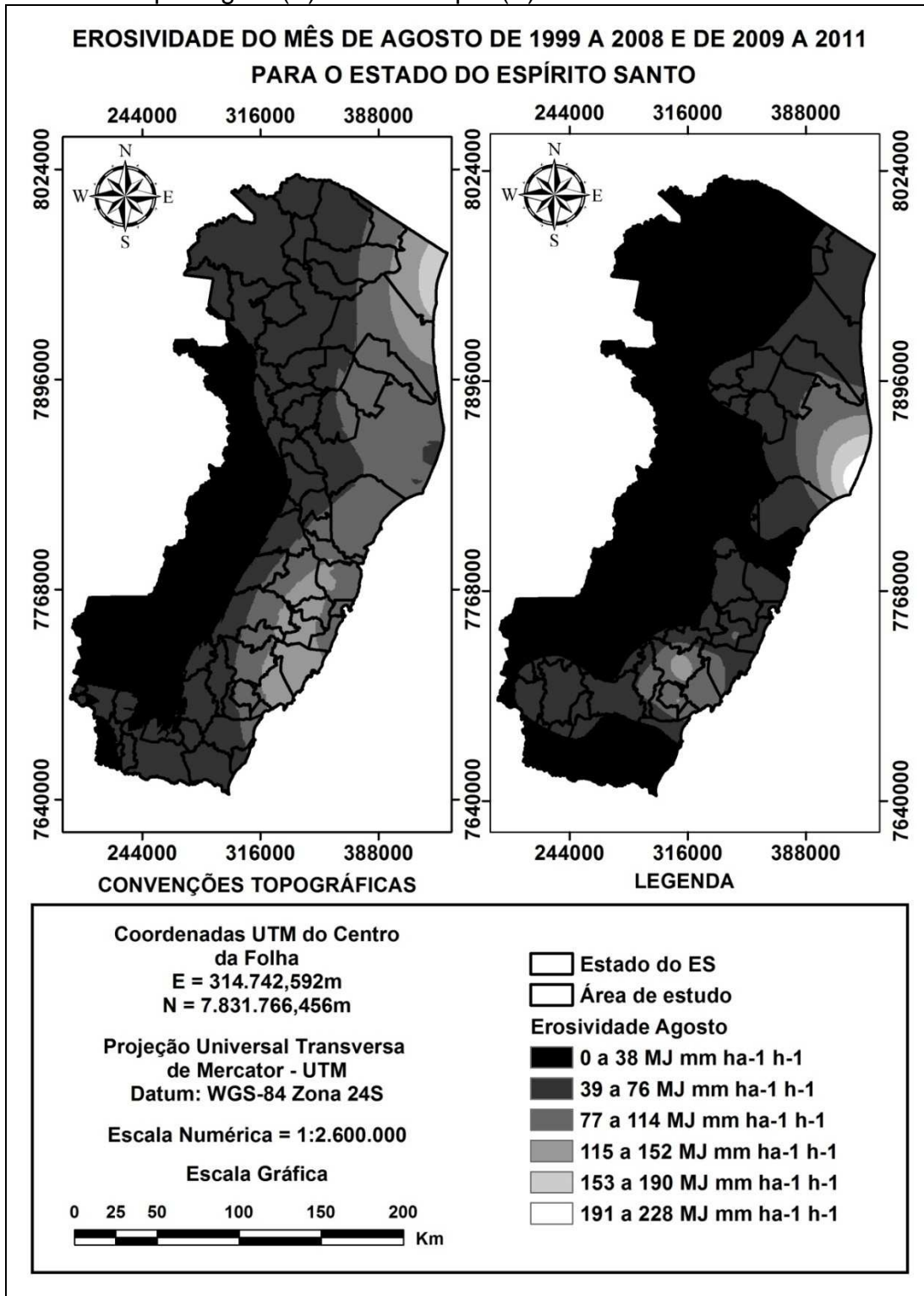
Anexo 9. Mapa da erosividade do mês de junho durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



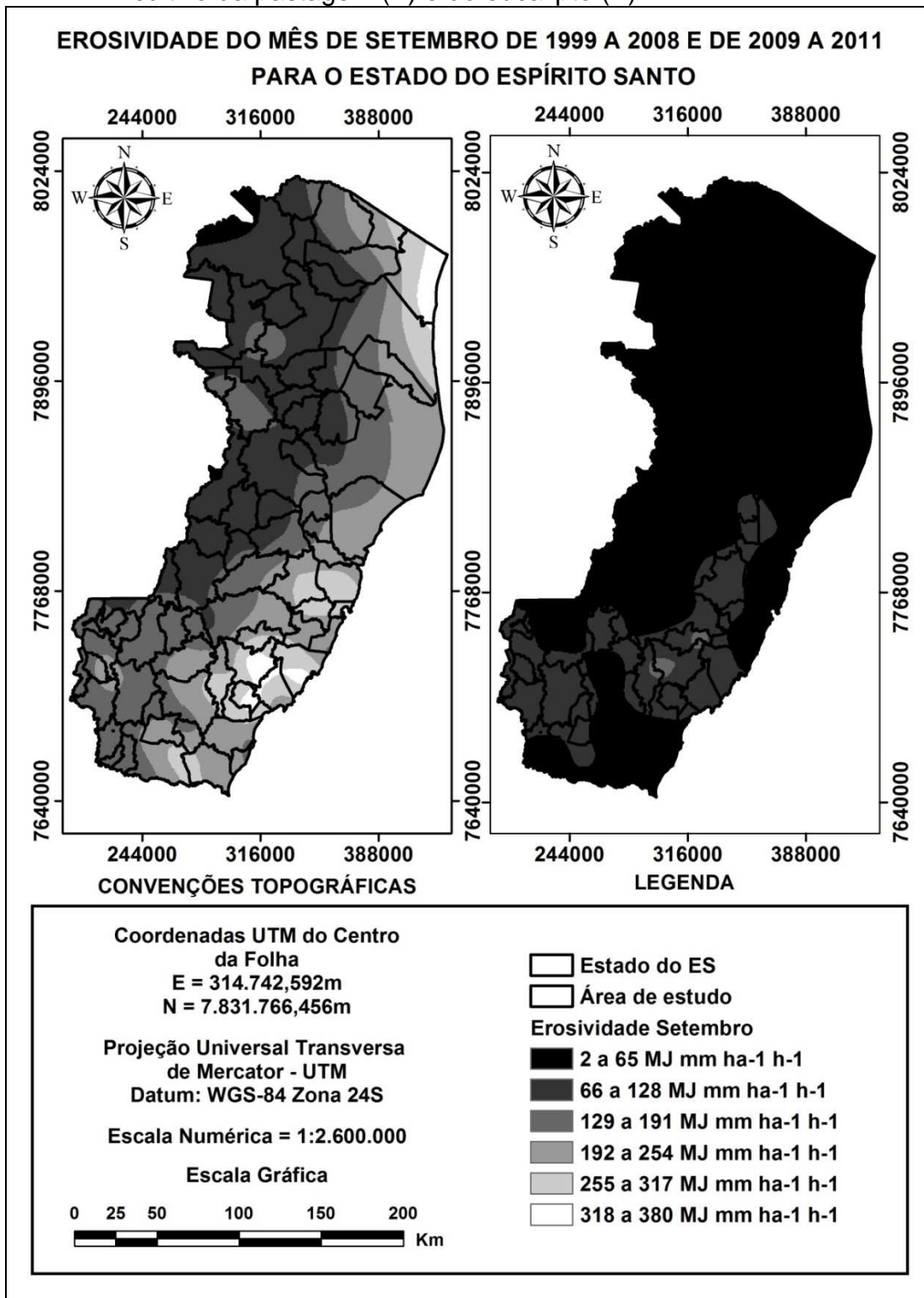
Anexo 10. Mapa da erosividade do mês de julho durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



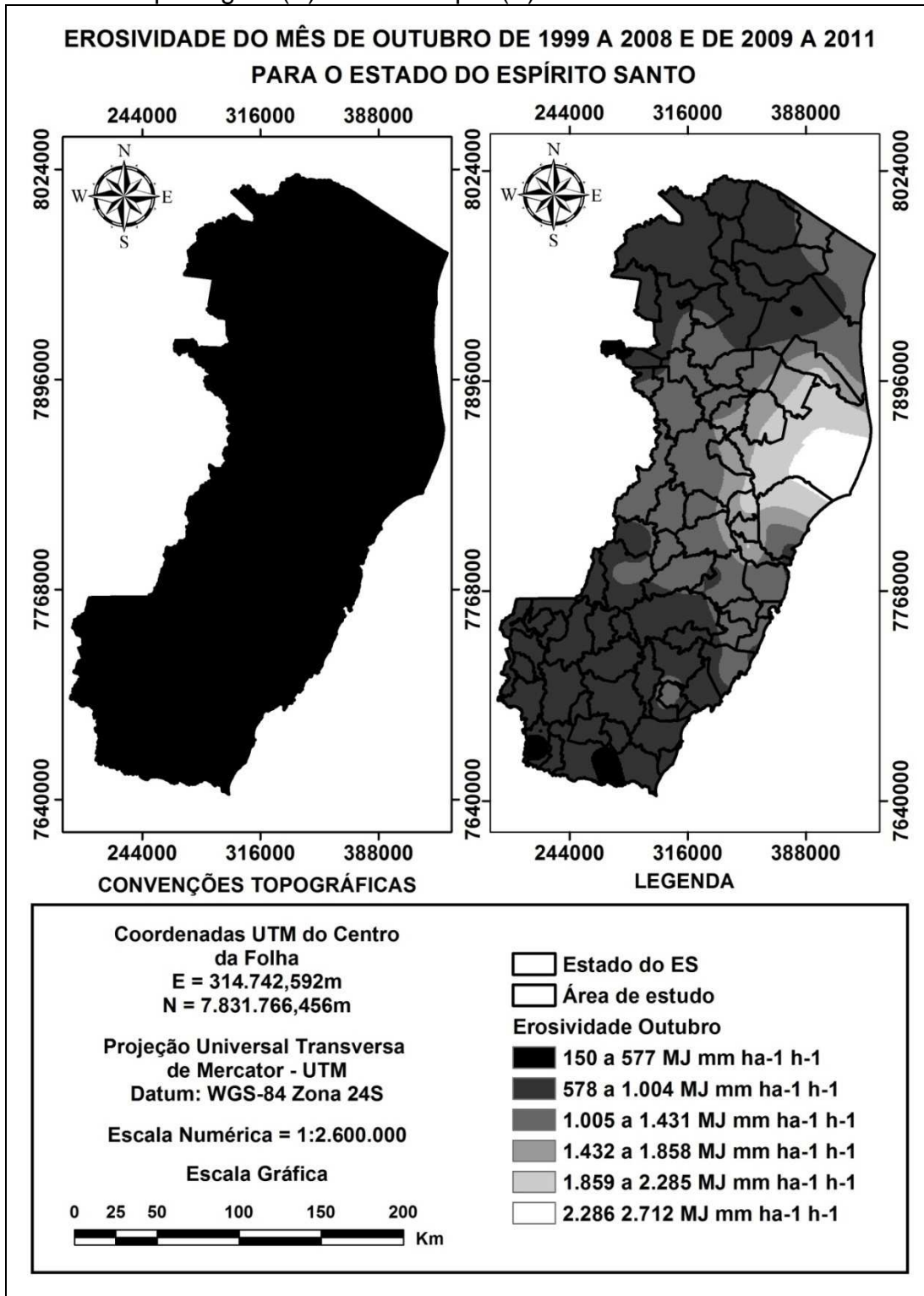
Anexo 11. Mapa da erosividade do mês de agosto durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



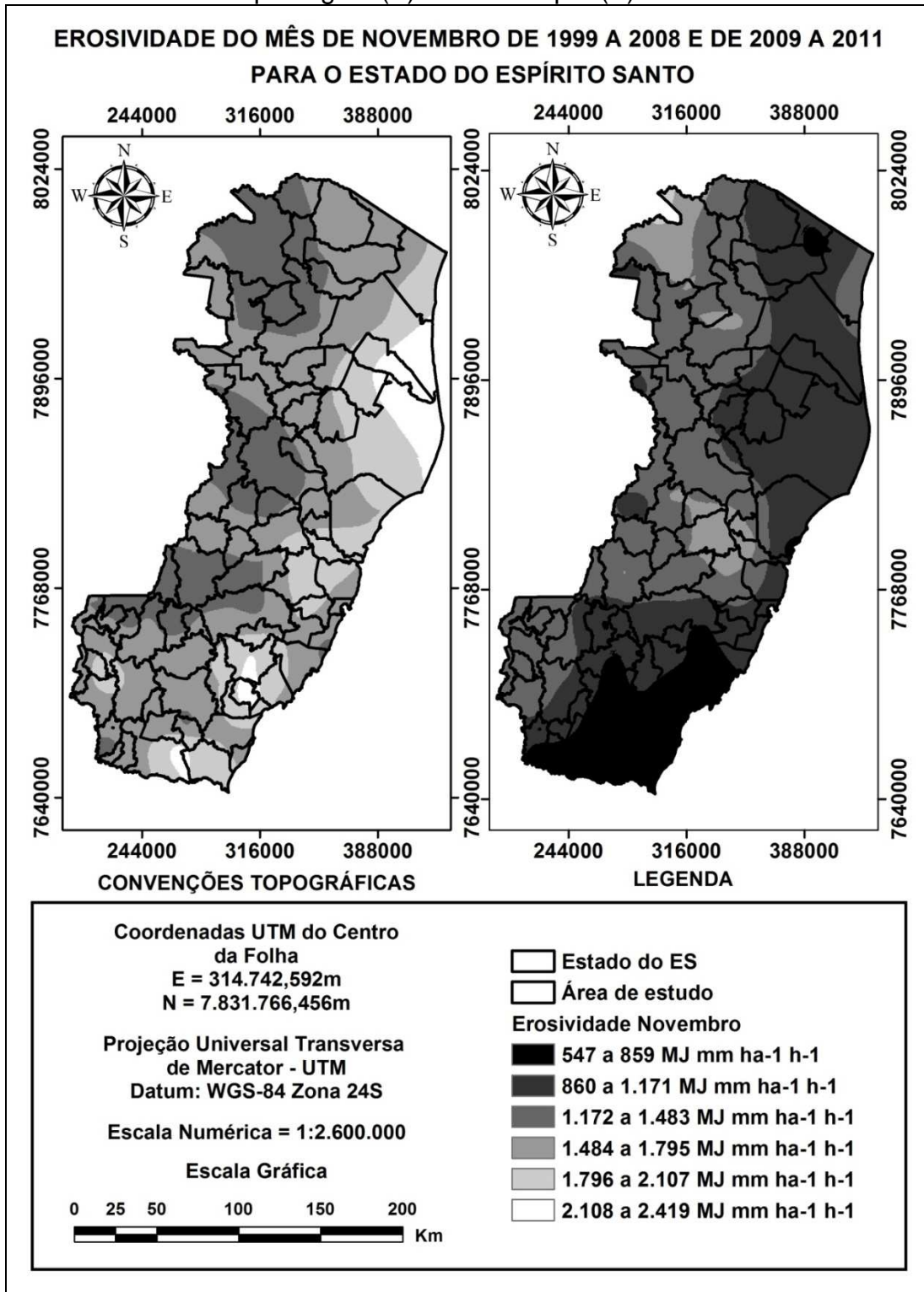
Anexo 12. Mapa da erosividade do mês de setembro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



Anexo 13. Mapa da erosividade do mês de outubro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



Anexo 14. Mapa da erosividade do mês de novembro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)



Anexo 15. Mapa da erosividade do mês de dezembro durante o período de cultivo da pastagem (A) e do eucalipto (B)

