

2 **Spatial variability of soil loss in agroforestry and traditional management systems**
3 **in the Maciço de Baturité**

4
5 **Francisco Mateus da Cunha Silva¹**
6

7 **Abstract:** The present work aims to map the spatial distribution of soil losses caused by
8 water erosion in agroforestry and traditional management systems in the Maciço de
9 Baturité. The research was carried out at the Piroás Experimental Farm located in the
10 municipality of Redenção-CE, during the months of January to May 2021. The
11 management systems studied were native forest, shaded coffee, conventional corn
12 cultivation and fallow area. The sampling grid was of the regular type, with 6x6 m
13 spacing, totaling 49 georeferenced points. At each point of the grid, metallic structures
14 were installed, fixed to the ground and attached to a plastic bag to collect the eroded
15 soil. Subsequently, the collected samples were dried and quantified for soil loss
16 analysis. In addition, the difference in level in the sampled locations as well as the forest
17 cover were measured through a topographic level and direct measurement of the canopy
18 of the four study areas. Data were subjected to descriptive analysis and semivariogram
19 modeling, then interpolated to generate maps using the kriging technique in Surfer 18.1
20 software to identify the spatial variability of soil loss. The highest averages of soil loss
21 in the total period were observed in the shaded coffee area (284.71 kg ha⁻¹) and native
22 forest (227.07 kg ha⁻¹), due to the strong action of the slope of respectively 28.58 and
23 28.66%, favoring the surface runoff of sediments, when compared to the other
24 treatments. The semivariograms obtained the best fit in the spherical and exponential

¹ Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, CE, Brasil

25 model for the variables soil loss, slope and canopy cover. The maps indicated greater
26 soil losses were concentrated in regions of greater slope and less canopy cover.

27 **Keywords:** Geostatistics. Soil management. Erosion. Sustainability.

28

29 **Variabilidade espacial de perda de solo em sistemas de manejo agroflorestal e**
30 **tradicional no Maciço de Baturité**

31

32 **Resumo:** Objetivou-se mapear a distribuição espacial das perdas de solo promovidas
33 pela erosão hídrica em sistemas de manejo agroflorestal e tradicional. A pesquisa foi
34 realizada na Fazenda Experimental Piroás localizada no município de Redenção-CE,
35 durante os meses de janeiro a maio de 2021. Os sistemas de manejo estudados foram
36 mata nativa, café sombreado, cultivo convencional de milho e área em pousio. O grid
37 amostral foi do tipo regular, em espaçamento 6x6 m, totalizando 49 pontos
38 georreferenciados. Em cada ponto do grid foram instaladas estruturas metálicas fixadas
39 ao solo e acopladas a um saco plástico para coletar o solo erodido. Posteriormente as
40 amostras coletadas foram secas e quantificadas para análise de perda de solo. Além
41 disso, foram mensuradas a diferença de nível nos locais amostrados assim como a
42 cobertura florestal através de um nível topográfico e medição direta da copa das quatro
43 áreas do estudo. Os dados foram submetidos às análises descritivas e a modelagem do
44 semivariogramas, em seguida foram interpolados para geração dos mapas por meio da
45 técnica de krigagem no software Surfer 18.1 para identificação da variabilidade espacial
46 de perda de solo. As maiores médias de perda de solo no período total foram observadas
47 na área de café sombreado (284,71 kg ha⁻¹) e mata nativa (227,07 kg ha⁻¹), devido à
48 forte ação da declividade de respectivamente 28,58 e 28,66%, favorecendo o
49 escoamento superficial dos sedimentos, quando comparado aos demais tratamento. Os

50 semivariogramas obtiveram melhor ajuste no modelo esférico e exponencial para as
51 variáveis perda de solo, declividade e cobertura de copa. Os mapas indicaram maiores
52 perdas de solo foram concentradas em regiões de maior declividade e menor cobertura
53 de copa.

54 **Palavras-chave:** Geoestatística. Manejo do solo. Erosão. Sustentabilidade.

55

56

INTRODUÇÃO

57 A erosão hídrica é um processo degenerativo do solo caracterizado pelo
58 desprendimento de partículas pela chuva, ocorrendo o escoamento superficial e
59 deposição de sedimento em áreas mais baixas, causando perdas de partículas de solo.
60 Sua ação é intensificada por diversos fatores entre eles a topografia, a intensidade da
61 chuva, o tipo de solo e seus atributos físicos, e a cobertura vegetal (Silva & Mendes,
62 2019).

63 Em sistemas de produção agrícola tradicional predominam o emprego de manejos
64 intensivos, como a retirada da biomassa vegetal presente na superfície do solo, para o
65 cultivo de espécies de interesse econômico e agrônômico. Neste sistema, práticas de
66 revolvimento intensificam a perda de solo em decorrência da erosão (Thompson &
67 Fidalgo, 2013; Santos & Silva, 2018). Nesse sentido, a adoção de práticas sustentáveis
68 nos agroecossistemas tais como os sistemas agroflorestais e o plantio direto podem ser
69 uma alternativa viável para a conservação do solo, permitindo a manutenção da
70 fertilidade do solo a partir da deposição e acumulação de matéria orgânica, ocorrendo
71 assim uma maior proteção dos solos (Aguar et al., 2006).

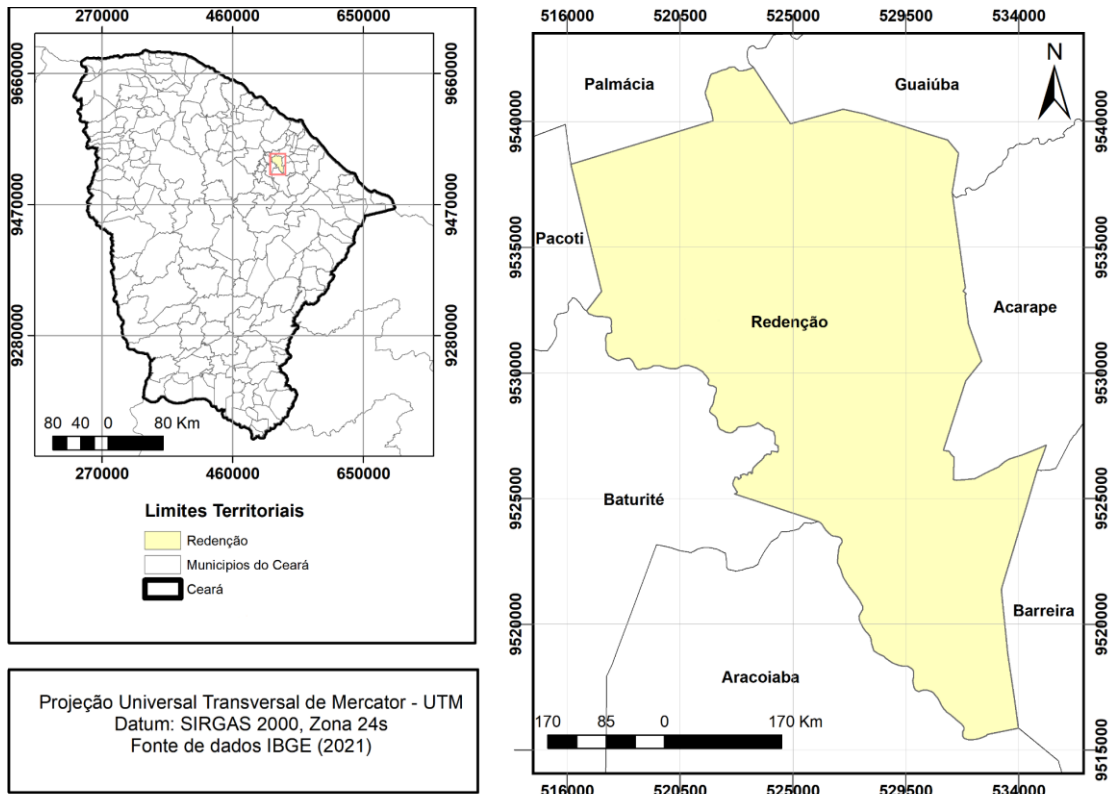
72 Para detectar o impacto da adoção de sistemas de manejos na perda de solo diversos
73 autores recorreram a utilização das ferramentas de geoprocessamento para avaliar a
74 perda média anual de solos por erosão hídrica (Santos & Silva, 2018; Carvalho et al.,

75 2019), pois essas ferramentas permitem relacionar todos os fatores que contribuem ou
76 aceleram a erosão dos solos, externando áreas que necessitam da aplicação de práticas
77 de conservação de solo, sendo assim uma ferramenta bastante útil para o planejamento
78 do uso do solo.

79 Nesse sentido, as geotecnologias são ferramentas de grande importância no
80 planejamento ambiental e na análise de degradação do solo, possibilitando estimar a
81 perda de solo por erosão e detectar a variabilidade no espaço a partir de mapas que
82 permite uma análise espacial dos fatores que influenciam as perdas de solo em
83 diferentes agroecossistemas (Silva & Neto, 2018). Diante do exposto, objetivou-se
84 mapear a distribuição espacial das perdas de solo promovidas pela erosão hídrica em
85 sistemas de manejo agroflorestal e tradicional.

86 **MATERIAL E MÉTODOS**

87 A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Piroás (FEP) pertencente a
88 Universidade Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada nas
89 coordenadas geográficas latitude 4° 9'19.39''S e longitude 38° 47'41.48''O, no distrito
90 de Barra Nova com distância de 17 km Redenção, Ceará (Figura 1).



91
92 Figura 1. Mapa de localização do município de Redenção-Ceará

93 O município de Redenção apresenta clima Tropical Quente Úmido, Tropical Quente
94 Sub-úmido e Tropical Quente Semiárido Brando. A média pluviométrica anual de 1062
95 mm, com média de temperatura entre 26° e 28°C e altitude média de 88,8 m, com
96 chuvas distribuídas de forma irregular, concentradas nas estações do verão e do outono,
97 compreendendo os meses entre janeiro e maio (IPECE, 2017). A vegetação
98 predominante é do tipo caatinga arbustiva densa e floresta subcaducifólia tropical
99 pluvial, com solos classificados como Planossolos Solódicos e Argissolo Vermelho-
100 Amarelado e relevo composto por maciços residuais e depressões sertanejas (IPECE,
101 2017).

102 No trabalho foram avaliados a perda de solo durante os meses de janeiro a maio e o
103 período total referente ao ano de 2021, utilizando quatro diferentes sistemas de manejo
104 como tratamentos: (A) área de mata nativa com a presença de plantas arbustiva e de
105 espécies arbóreas como angico (*Piptademia macrocarpa*), Frei-Jorge (*Cordia*

106 *trichotoma*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), delimitada em 280 m², contando com
107 baixa manipulação antrópica; (B) área de produção agroflorestal instalada em 2019,
108 com café arábica em fase reprodutiva e espécies nativas de grande porte, com linhas de
109 plantio em curva de nível; (C) área de produção de milho em monocultura instalados no
110 mês de dezembro de 2020, em espaçamento de 0,8x0,7 m, com controle de plantas
111 espontâneas realizado de forma manual, com o auxílio de enxada e sem a utilização de
112 práticas de revolvimento do solo, possuindo um cordão vegetativo em torno da área; (D)
113 área de produção agroflorestal em pousio desde 2018 com predominância de espécies
114 nativas arbustivas e plantas espontâneas. Cabe ressaltar que em todas as áreas cultivadas
115 não foi realizada irrigação suplementar.

116 Para a determinação de perda de solo foram utilizados coletores metálicos compostos
117 por uma calha fixada ao solo e uma armação retangular móvel com uma abertura de
118 0,25 m para o acoplamento dos sacos plásticos com dimensões 0,25 m de largura e
119 0,36m de comprimento utilizado para a coleta dos sedimentos e da água (Figura 2).
120 Foram instalados em dezembro de 2020, um total de 49 coletores georreferenciados
121 com um GPS modelo Garmin Gpsmap 76CSx, distribuídos dentro das áreas do estudo,
122 em um grid amostral regular de 6x6 m para análise espacial dos dados.

123



124

125 Figura 2. Coletores de sedimentos utilizados nos tratamentos estudados

126

127 Os sedimentos foram coletados ao final de cada mês, sendo secos em local
 128 sombreado. Posteriormente as amostras foram pesadas em uma balança analítica e
 129 convertidas para $kg\ ha^{-1}$, conforme a Eq. 1 descrita por Aguiar et al. (2006).

130

$$131 \text{ Perda de solo } (kg. ha^{-1}) = \left[\frac{A \times Q}{P} \right] \times LS \quad (1)$$

132

133 Onde:

134 A = Relação de conversão obtido a partir da divisão da largura da parcela experimental
 135 (m) e a largura do coletor de solo (m);

136 Q = Massa de solo perdido (kg);

137 P = área útil da parcela experimental (m^2) dividido por $10.000m^2$ (conversão para
 138 hectare);

139 LS = Equação de previsão de perda de solo, obtido através do comprimento de rampa
 140 (m) e declividade (%), descrita por Bertoni e Lombardi Neto (2018) na Eq. 2.

141

142 $LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18}$

143 (2)

144

145 Onde:

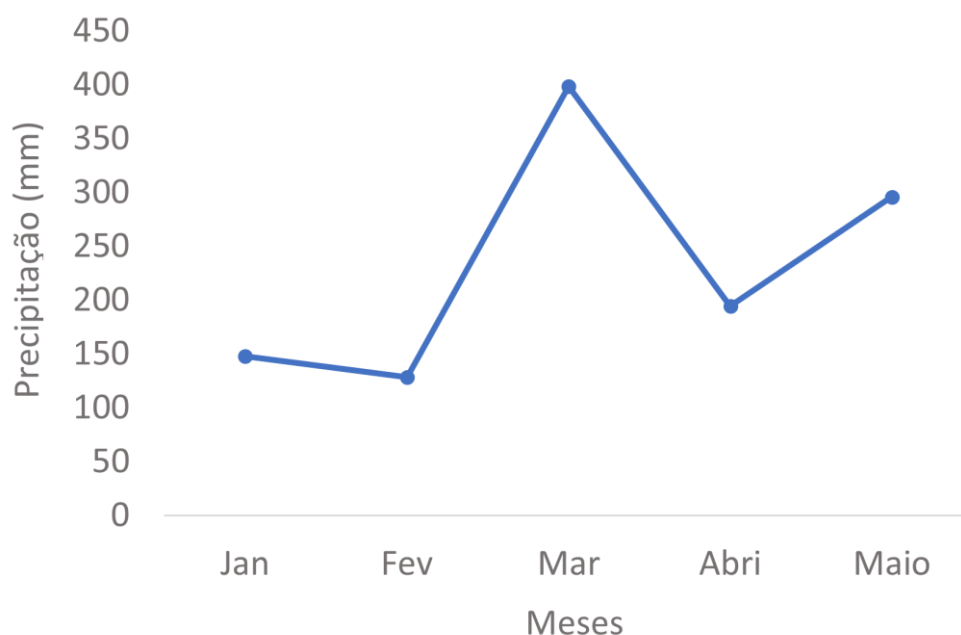
146 C = Comprimento de rampa (m);

147 D = Declividade (%).

148

149 A avaliação da cobertura de copa das árvores foi realizada em todas os tratamentos
150 estudados, a partir da medição direta do comprimento do raio da copa nas direções,
151 norte, sul, leste e oeste utilizando uma trena, e em seguida realizado a média para a
152 determinação do diâmetro médio da copa (Wink et al., 2012). Enquanto que para a
153 determinação da declividade foi utilizado um nível topográfico. A declividade pode ser
154 classificada em plano para valores menores ou iguais a 3%, suave ondulado 3 a 8%,
155 ondulado de 8 a 20%, forte ondulado de 20 a 45%, montanhoso de 45 a 75% e
156 escarpado valores superiores a 75% (Embrapa, 1979).

157 Os dados de precipitação foram obtidos de uma estação meteorológica instalada na
158 Fazenda experimental Piroás, conforme observado na Figura 3.



159
 160 Figura 3. Precipitação média mensal de janeiro a maio de 2021 na Fazenda
 161 Experimental Piroás

162
 163 A estatística descritiva dos dados de perda de solo, declividade e cobertura de copa
 164 foi realizada no software Surfer versão 18.1 sendo determinado a média, a mediana, a
 165 variância, o desvio padrão, o coeficiente de variação, coeficiente de assimetria, curtose e
 166 o teste de normalidade de Kolmogorov Smirnov ao nível de 5% de significância.

167 Conforme sugerido por Dalchiavon et al. (2012), o coeficiente de variação pode ser
 168 classificado como baixo ($CV \leq 10\%$), médio (CV entre 10 a 20%), alto (CV entre 20 a
 169 30%) e muito alto (CV superior a 30%).

170 A análise geoestatística dos dados foi realizada por meio do software ArcGIS 10.8.
 171 Foram modelados semivariogramas para os quatro sistemas de produção a fim de
 172 verificar a continuidade ou dependência espacial. Os modelos testados foram o esférico,
 173 exponencial e gaussiano. Realizou-se a seleção do modelo a partir do erro da raiz
 174 quadrada média para assim, determinar os parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 +$
 175 C) e alcance (a).

176 A definição do grau de dependência espacial dos parâmetros estudados foi calculada
177 a partir da Eq. 3.

$$178 \quad GDE(\%) = C0(C0 + C1) \times 100$$

179 (3)

180 Onde:

181 $C0$ = Efeito pepita;

182 $C0+C1$ = Patamar;

183 Os dados foram interpolados por meio da técnica de Krigagem que utiliza os
184 parâmetros do semivariograma para detecção da variabilidade espacial. Os mapas de
185 isolinhas foram elaborados para os dados mensais e total de perda de solo, declividade e
186 cobertura de copa das quatro áreas de estudo com auxílio do software ArcGIS 10.8 e
187 Surfer 18.1.

188 RESULTADOS E DISCUSSÃO

189 A maior média mensal de perda de solo foi observada na área de café sombreado
190 durante o mês de março (84,29 kg ha⁻¹), enquanto que a menor foi observada durante o
191 mês de fevereiro (22,42 kg ha⁻¹), coincidindo respectivamente com a maior (398,63
192 mm) e menor (128,25 mm) precipitação durante o período do estudo (Figura 3). O
193 mesmo comportamento ocorreu na área de mata nativa com maior perda de solo em
194 março (51,52 kg ha⁻¹) e menor durante o mês de fevereiro (23,72 kg ha⁻¹), porém com
195 valores inferiores quando comparados com a área do café (Tabela 1).

196

197 Tabela 1. Estatística descritiva da perda de solo em kg ha⁻¹ nos sistemas de manejo
198 agroflorestal e tradicional no período de janeiro a maio de 2022

Período	Mata nativa								
	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	S	CV (%)	Assimetria	Curtose	KS
Janeiro	19.22	76.16	42.18	41.26	19.50	46.23	0.54	-0.4	0.17*
Fevereiro	7.81	43.59	23.73	22.80	11.38	47.97	0.36	0.15	0.14*
Março	22.23	77.08	51.52	52.29	22.46	43.60	-0.16	-1.84	0.20*

Abril	11.85	81.18	36.31	32.82	22.12	60.91	1.20	1.69	0.15*
Maior	17.91	90.16	42.18	36.97	23.53	55.78	1.32	1.75	0.22*
Total	109.08	426.61	227.07	189.85	102.08	44.96	1.09	0.44	0.24*
Café sombreado									
Janeiro	9.19	153.53	61.35	39.95	48.54	79.11	0.71	-0.83	0.21*
Fevereiro	1.16	90.23	22.42	15.67	24.70	110.16	1.73	3.08	0.25*
Março	1.50	228.31	84.28	62.24	74.19	88.02	0.57	-0.84	0.19*
Abril	0.75	182.08	55.61	30.34	61.23	110.10	1.18	0.16	0.20*
Maior	0.32	172.54	55.67	42.3	53.11	95.39	1.07	0.60	0.16*
Total	27.21	830.24	284.71	199.69	225.75	79.29	1.11	0.87	0.19*
Cultivo convencional de milho									
Janeiro	1.13	16.45	7.19	5.55	5.05	70.20	0.61	-0.67	0.18*
Fevereiro	0.66	7.73	4.56	4.99	1.95	42.86	-0.45	0.44	0.19*
Março	0.99	5.36	2.76	2.57	1.21	44.05	0.84	0.83	0.15*
Abril	1.70	9.79	4.18	3.27	2.45	58.62	1.16	0.88	0.19*
Maior	0.62	14.88	6.09	5.40	4.12	67.62	0.75	0.26	0.15*
Total	10.55	46.95	25.81	25.80	10.47	40.59	0.41	0.20	0.12*
Área em pousio									
Janeiro	2.57	15.41	8.64	7.95	4.18	48.47	0.23	-1.16	0.17*
Fevereiro	1.62	25.64	10.62	6.79	7.80	73.40	0.76	-0.54	0.23*
Março	1.57	62.72	19.17	9.11	20.36	106.19	1.13	0.30	0.24*
Abril	0.52	29.43	9.01	4.19	10.10	112.05	1.28	0.36	0.28*
Maior	0.44	40.53	13.29	5.91	15.05	113.22	0.99	-0.56	0.23*
Total	7.67	217.89	70.27	42.87	67.42	95.95	1.16	0.47	0.23*

199 Nota: S – Desvio padrão; CV – Coeficiente de variação; K-S – teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, (*)
200 significativo a 5%.

201

202 Desse modo, as perdas de solo no sistema de café sombreado superiores aos sistemas
203 tradicionais de cultivo podem ser atribuídas a sua maior declividade (28,58%), e a
204 ausência de vegetação entre as linhas de plantio que favorece o maior escoamento
205 superficial de água e conseqüentemente um maior deslocamento de solo. O impacto da
206 erosão hídrica na área de mata foi reduzido em 39% no mês de março, provavelmente
207 devido a maior cobertura de copa das espécies nativas (Tabela 2) e de solo, proveniente
208 de plantas espontâneas (Vidalleti et al., 2021).

209

210 Tabela 2. Estatística descritiva da declividade e cobertura de copa nos sistemas de
211 manejo agroflorestal e tradicional

Área	Parâmetros	Média	Mediana	S	CV (%)	Assimetria	Curtose	K-S
Mata	Declividade	28,66	29,46	3,75	13,11	-0,01	0,42	0,20*
	Copa	1,37	1,35	0,43	32,05	0,10	-0,74	0,12*
Café	Declividade	28,58	28,37	4,74	14,25	-0,31	-0,19	0,14*
	Copa	1,07	1,05	0,72	66,99	0,27	-0,48	0,11*
Conv**	Declividade	5,69	5,16	2,41	0,42	0,38	-0,74	0,17*
Pousio	Declividade	7,11	5,25	4,77	67,12	0,90	-0,57	0,24*
	Copa	0,81	0,75	0,62	77,06	0,34	-1,27	0,19*

212 Nota: S – Desvio padrão; CV – Coeficiente de variação; K-S – teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, (*)
213 significativo a 5%. **Sem presença de copa.

214

215 Ressalta-se ainda as gotas de chuva acumuladas na copa de árvores com alturas
216 superiores a 7 m, podem atingir velocidades terminais superiores a quando estão em
217 queda livre, sendo seu impacto no solo proporcional a sua massa, tal comportamento
218 associado a menor proporção vegetativa na área do café sombreado, possivelmente
219 favoreceu a maior perda de solo na área do café comparada a área de mata nativa
220 (Aguiar et al., 2006; Bertoni e Lombardi neto, 2018).

221 Para a área de pousio a maior perda de solo mensal também foi observada durante o
222 mês de março (19,17 kg ha⁻¹) e menor durante o mês de janeiro (8,64 kg ha⁻¹). Enquanto
223 que a maior média de perda de solo observado na área de cultivo convencional de milho
224 foi observada durante o mês de janeiro (7,19 kg ha⁻¹) e a menor durante o mês de março
225 (3,15 kg ha⁻¹).

226 A maior perda de solo no cultivo de milho durante o mês de janeiro está associada ao
227 período inicial de implantação da cultura, na qual foi realizada a limpeza da área
228 deixando o solo exposto, enquanto a menor perda durante o período de março está
229 associada ao avanço no desenvolvimento do sistema radicular e aumento da área foliar
230 da cultura do milho, favorecendo o aumento da proteção do solo.

231 No período total a maior média de perda de solo foi observada na área de café
232 sombreado (284,71 kg ha⁻¹) em relação a área de mata (227,07 kg ha⁻¹).

233 Comportamento semelhantes foi encontrado por Albuquerque et al. (2002) em estudo
234 realizado no município de Sumé-PB, em área sob diferentes sistemas de manejo de
235 cobertura de solo em declividades próximas a 4%, observaram médias de perdas de solo
236 de 100 kg ha⁻¹ e 300 kg ha⁻¹, respectivamente para área de mata nativa da caatinga e
237 parcela com cobertura morta. Esses mesmos autores enfatizam que as menores perdas

238 de solo para área de mata estão associadas a alta capacidade de rebrota da vegetação
239 nativa da caatinga durante o início do período chuvoso, favorecendo a diminuição do
240 impacto das gotas de chuva no solo. Por outro lado, a redução de perdas na área de
241 cobertura morta ocorreu devido a capacidade de proteção da cobertura na desagregação
242 e transporte dos sedimentos. Valores superiores foram encontrados por Aguiar et al.
243 (2006), em estudo realizado em diferentes sistemas de manejo agrossilvipastoril no
244 município de Sobral-CE, onde os mesmos observaram perdas de solo de 550 e 220 kg
245 ha⁻¹ em áreas de reserva legal com cobertura vegetal de respectivamente 29,6 e 49,3%,
246 destacando a importância da cobertura arbórea na proteção do solo.

247 As áreas da mata nativa e café possuem relevo classificados como forte ondulado,
248 enquanto as áreas de cultivo convencional de milho e em pousio possuem declividade
249 classificada em suave ondulado. Thoma et al. (2022) relatam que a velocidade de
250 escoamento da água sobre a superfície do solo está ligada diretamente ao grau de
251 declividade do terreno, na qual, o potencial de perda de partículas do solo é
252 impulsionado em áreas com grande inclinação.

253 O resultado deste estudo proporcionada pelos sistemas de manejo agroflorestais,
254 corroboram com a observação de Lima et al. (2020), ao descreverem que a cobertura do
255 solo reduz o impacto da força cinética das gotas de chuva no solo, porém a influência da
256 declividade e do comprimento de rampa na área do café sombreado proporcionou uma
257 maior velocidade de escoamento da água, diminuindo a taxa de infiltração e
258 favorecendo o deslocamento dos sedimentos.

259 A proteção exercida pela cobertura de vegetal arbórea e do solo a partir da deposição
260 de serrapilheira proveniente dos componentes florestais se mostram mais eficientes,
261 sendo de extrema importância no controle de perda de solo na área de café sombreado.
262 Tal fato, pode ser confirmado comparando os dados de cobertura da copa na área de

263 café (1,07 m), em relação a (1,37 m) da mata nativa, ambas as áreas possuem
264 características de declividade semelhantes, comprovando o impacto positivo da
265 cobertura de copa na redução das perdas de solo por erosão hídrica (Tabela 2).

266 O mesmo ocorre quando comparamos os dados de perdas total de solo nas áreas de
267 cultivo convencional (25,81 kg ha⁻¹) e pousio (70,27 kg ha⁻¹) que possuem declividades
268 de 5,69 e 7,11%, respectivamente.

269 A menor perda de solo do plantio convencional quando comparada a área do pousio
270 pode estar relacionada ao aumento progressivo da área foliar da cultura do milho
271 durante os meses de janeiro a março e ainda a agregação de biomassa vegetal ao solo
272 proveniente dos restos da cultura do milho durante os meses de abril e maio
273 promovendo uma menor perda de solo por escoamento. Tal relação de perdas pode estar
274 ainda associadas a características de solo.

275 Confirmando os dados obtidos nesse estudo, Bertoni & Lombardi Neto (2018)
276 relatam que os solos podem apresentar perdas divergentes mesmo com características de
277 declividade, quantidade de chuva, cobertura de solo e práticas de manejo similares, em
278 decorrência das características inerentes ao solo que influenciam no processo de
279 infiltração e capacidade de absorção de água, e ainda na resistência de dispersão de solo,
280 modificando seu potencial erosivo.

281 A perda de solo nos diferentes sistemas de manejo apresentou valores de coeficiente
282 de variação de 42,86 a 113,22 % referente respectivamente a área de milho durante o
283 mês de fevereiro e a área de pousio durante o mês de maio. O mesmo ocorre durante o
284 período total sendo verificado na área de pousio o maior coeficiente de variação
285 (95,95%), enquanto que o menor foi observado na área de cultivo convencional
286 (40,59%), sendo de forma geral classificados como muito altos.

287 A variação de perda de solo mensal na área de mata nativa se mostrou uniforme
288 tendo maior valor observado durante o mês de abril (60,91%) e menor observada no
289 mês de março (43,60). O mesmo não ocorreu para a área do café obtendo menor valor
290 de coeficiente de variação durante o mês de janeiro (79,11%) e maior durante o mês de
291 fevereiro (110,10%). Os maiores valores de coeficiente da área do café quando
292 comparados a área de mata podem estar relacionados a menor proporção de cobertura
293 de solo e a influência de manejos na área do café. Enquanto que a grande variação de
294 CV da área de café em comparação com a área de cultivo de milho pode estar
295 relacionada à diferença de declividade favorecendo um maior fluxo de água (Miqueloni
296 et al. 2015).

297 Valores semelhantes a área de mata e cultivo convencional de milho foram
298 observados por Alencar et al. (2019), em Neossolo Quartzarênico em área de mata
299 secundária e pastagem no Cerrado amazonense com coeficiente de variação
300 respectivamente de 67,81 e 50,89%. Miquelloni et al. (2015), também observaram alta
301 variabilidade (50,74%) de perda de solo em produção de cana-de-açúcar. Os valores
302 encontrados foram inferiores aos encontrados por Mello et al. (2006), em análise de
303 perda de solo em policultivo em relevo ondulado e um monocultivo de cana de açúcar
304 em relevo suave ondulado no Monte Alto-Sp, observaram coeficiente de variação de
305 respectivamente 203 e 86%.

306 Os altos valores do coeficiente de variação podem ser explicados pela grande
307 influência do solo nas diferentes dinâmicas da erodibilidade do solo, cobertura do solo e
308 grau de declividade, resultando em uma grande dispersão dos valores (Mello et al.,
309 2006; Miquelloni et al., 2015).

310 Os coeficientes de assimetria e curtose são próximos de zero mostrando uma
311 tendência de distribuição próxima da normalidade. Os valores do teste de Kolmogorov-

312 Smirnov foram abaixo do valor crítico, apresentando um padrão de normalidade para
 313 todas as áreas nos diferentes períodos estudados ao nível de 5% de significância.

314 Os semivariogramas obtiveram os melhores ajustes nos modelos esférico e
 315 exponencial para a perda de solo na área de café sombreado durante os meses de
 316 janeiro, maio e total, na área de mata nativa durante o mês de maio e na área de pousio
 317 durante os meses janeiro, março e maio (Tabela 3).

318

319 Tabela 3. Parâmetros de ajuste dos semivariogramas de perda de solo nos sistemas de
 320 manejo agroflorestal e tradicional

Mata nativa						
Período	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE (%)	RMS
Janeiro	Esférico	1.57	328.39	15.01	0.47	20.79
Fevereiro	Exponencial	0.92	56.37	24.33	1.60	12.94
Março	Exponencial	0.23	561.93	14.00	0.04	23.22
Abril	Esférico	2.33	308.32	13.92	0.75	24.57
Maio	Esférico	5.53	350.01	28.00	1.55	25.65
Total	Gaussiano	0.16	16204.09	16.11	0.01	51.09
Café sombreado						
Janeiro	Esférico	0.00	2806.61	15.31	0.00	45.60
Fevereiro	Esférico	6.26	55.00	17.06	10.22	25.77
Março	Esférico	55.43	1128.65	13.96	4.68	80.88
Abril	Esférico	8.22	189.69	15.22	4.15	28.79
Maio	Exponencial	0.00	2768.64	12.06	0.00	48.92
Total	Exponencial	0.00	55301.05	13.01	0.00	223.82
Cultivo convencional de milho						
Janeiro	Exponencial	0.22	4.13	19.04	5.05	4.99
Fevereiro	Esférico	0.01	2.41	17.90	0.74	2.05
Março	Gaussiano	1.48	1.00	16.87	59.67	1.48
Abril	Gaussiano	0.06	0.23	41.51	20.68	2.58
Maio	Esférico	0.00	20.14	18.14	0.00	3.57
Total	Exponencial	0.46	87.62	28.28	0.52	11.69
Pousio						
Janeiro	Esférico	0.00	25.69	27.08	0.01	3.62
Fevereiro	Esférico	0.06	70.43	16.72	0.09	7.48
Março	Esférico	0.00	461.36	13.08	0.00	10.09
Abril	Gaussiano	0.04	197.62	22.89	0.02	7.03
Maio	Esférico	0.00	270.09	15.64	0.00	8.91
Total	Gaussiano	0.05	5487.87	12.00	0.00	31.33

321 Nota: *Co – Efeito pepita; *Co+C1 - Patamar; *a – Alcance; *GDE – Grau de dependência espacial (%); *RMS –
 322 Root Mean Square.

323 Campos et al. (2008), em estudo em diferentes superfícies geomórficas em áreas de
 324 produção de cana de açúcar, obtiveram melhores ajustes de semivariogramas nos
 325 modelos esférico e exponencial para a perda de solo e parâmetros relacionados a erosão.
 326 O mesmo resultado apresentado por Mello et al. (2006), obtendo melhor ajuste a partir

327 do modelo esférico e exponencial para a variável perda de solo em áreas de policultivo e
328 produção de cana de açúcar em Monte Alto-SP.

329 A relação percentual entre o efeito pepita e patamar são parâmetros importantes e
330 que podem ser aplicadas para definir o grau de dependência espacial de variáveis
331 regionalizadas do solo. Dessa forma, se o efeito pepita for menor ou igual a 25% do
332 patamar a variável apresenta forte dependência espacial, se o efeito pepita representar
333 entre 25% e 75% do patamar a variável apresenta moderada dependência espacial, se o
334 efeito pepita representar entre 75% e 100% do patamar a variável apresenta fraca
335 dependência espacial e se a relação efeito pepita e patamar for igual a 100%, tem-se
336 uma variável independente espacialmente (Cambardella et al., 1994).

337 Na área de mata nativa, café sombreado e pousio o grau de dependência espacial de
338 perda de solo foi considerado forte para todos os períodos estudados, enquanto que na
339 área de cultivo convencional de milho praticamente todos os meses e o período total
340 obtiveram forte dependência espacial, com exceção do mês de março que obteve grau de
341 dependência espacial moderada.

342 Araújo et al. (2018), em avaliação espacial de atributos físicos e químicos do solo
343 observaram grau de dependência espacial variando de moderado a forte. A dependência
344 espacial analisa a magnitude da correlação e a sua similaridade ou não com a distância,
345 dessa forma, dados que obtém uma forte dependência espacial, podem ser explicados a
346 partir do estudo de variabilidade espacial (Mello et al., 2006).

347 Os alcances exibidos dentro das áreas experimentais para a perda de solo
348 apresentaram valores entre 13,92 e 28 m na área de mata nativa durante respectivamente
349 os meses de abril e maio, para a área de café sombreado foram observados valores de
350 alcance variando entre 12,06 e 17,06 durante respectivamente os meses de maio e
351 fevereiro, valores entre 16,87 a 41,51 m no cultivo convencional de milho durante

352 respectivamente para os meses de março e abril, e valores para a área de pousio entre
353 12,00 e 27,08 m referente ao período total e janeiro área em pousio.

354 Rocha et al. (2021) afirmam que os valores de alcance são indicadores de limites de
355 distância na qual os dados amostrados apresentam uma dependência espacial. Assim, as
356 amostras fora da distância indicada são espacialmente independentes e apresentam
357 distribuição casual.

358 Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstram que as amostras de perda de solo
359 podem ser realizadas a distância mínima de 12 m para detectar dependência espacial.
360 Logo, os valores de alcance obtidos comprovaram que o grid amostral (6 x 6 m)
361 utilizado no estudo foi eficiente para estudar a dinâmica espacial da perda de solo em
362 todas as áreas e períodos estudados. Valores superiores de alcance para a perda de solo
363 foram observados por Sanchez et al. (2009) em cultivo de cana de açúcar em diferentes
364 pedoformas (279 m) e Sacramento et al. (2018), observou valores 33 m para estudo de
365 estoque de carbono orgânico no solo.

366 Os modelos esférico e exponencial obtiveram os melhores ajustes para a declividade,
367 enquanto que para a cobertura de copa o modelo esférico obteve o melhor ajuste para
368 todas as áreas (Tabela 4). O alcance para a declividade variou de 14,14 a 26,83 m,
369 enquanto que para a cobertura de copas variou de 14,14 a 15,81 m. O alcance é uma
370 informação extremamente útil para definir o espaçamento de amostras, diante disso, os
371 resultados demonstram que a variabilidade espacial pode ser constatada em espaçamento
372 amostral de 14 m para os parâmetros declividade e cobertura de copa.

373 O grau de dependência espacial para os atributos declividade e cobertura de copa
374 foram classificadas como forte para as áreas estudadas.

375 Tabela 4. Parâmetros de ajuste dos semivariogramas da declividade e cobertura de copa
376 nos sistemas de manejo agroflorestal e tradicional

Área	Parâmetros	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE	RMS
Mata	Declividade	Esférico	0,01	15,94	14,14	0,06	3,96
	Copa	Esférico	0,00	0,16	14,14	0,37	0,45
Café	Declividade	Exponencial	0,07	11,05	18,01	0,62	4,22
	Copa	Esférico	0,00	0,52	15,81	0,13	0,66
Conv**	Declividade	Esférico	0,00	7,06	19,36	0,00	2,02
Pousio	Declividade	Exponencial	0,00	32,12	26,83	0,00	2,68
	Copa	Esférico	0,00	0,20	14,19	1,96	0,65

377 Nota: *Co – Efeito pepita; *Co+C1 - Patamar; *a – Alcance; $*[C0/(C0+C1)]*100$ – Dependência espacial em
378 porcentagem; *RMS – Root Mean Square.

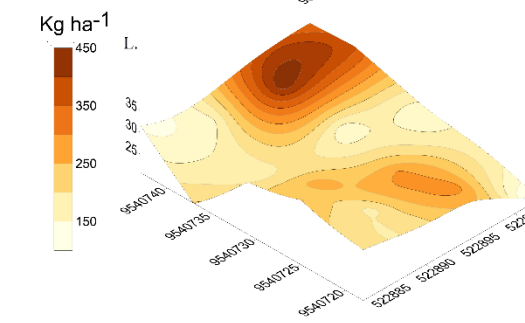
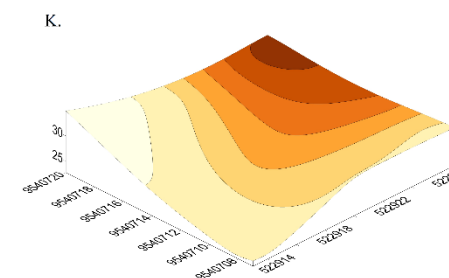
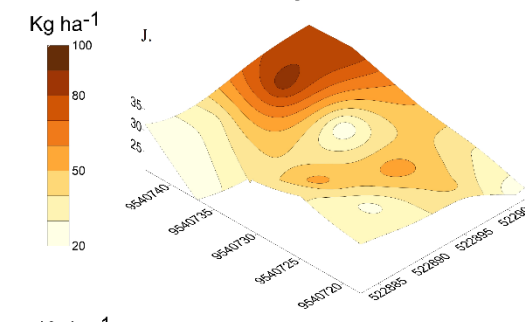
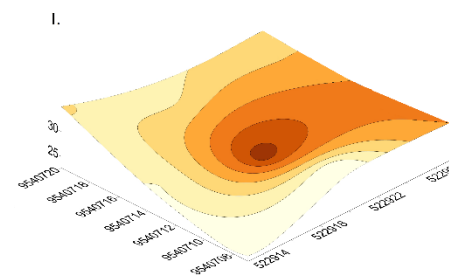
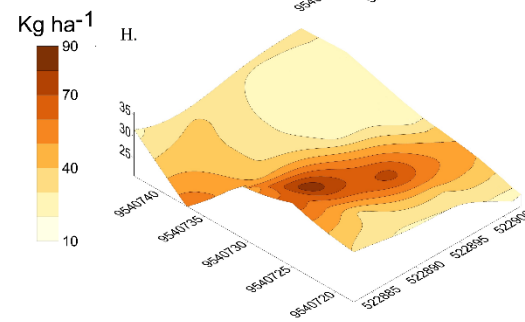
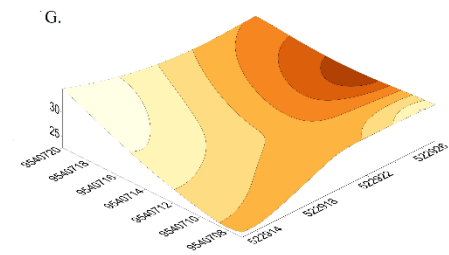
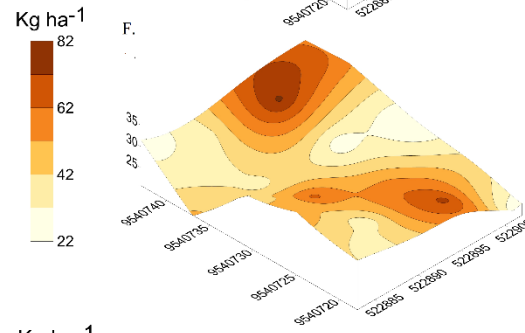
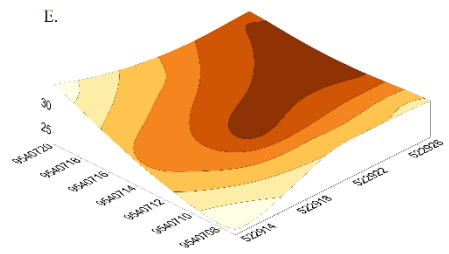
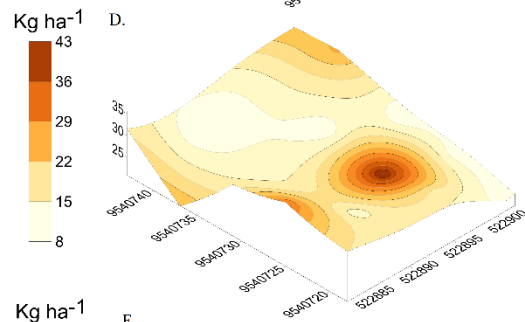
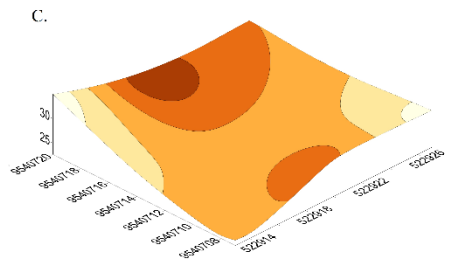
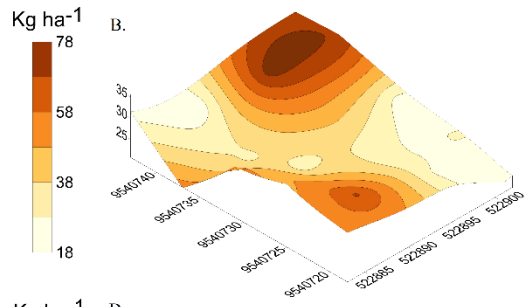
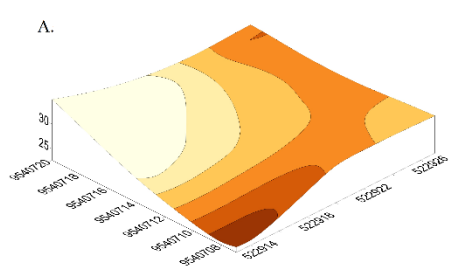
379

380 A dinâmica espacial de perda de solo nos diferentes sistemas de manejos e períodos
381 podem ser observadas nas Figuras 4 e 5. A escala de tonalidades mais próximas do
382 marrom, indicam áreas com maiores perdas, em relação aos tons mais próximos do
383 amarelo que representam menores perdas de solo. Cabe ressaltar que, os mapas de perda
384 de solo e cobertura de copa seguem os padrões de declividade das suas respectivas
385 áreas.

386 Os mapas referentes a perda de solo da área de mata nativa durante os meses de
387 janeiro a maio apresentaram uma maior perda de solo no mês de maio (100 kg ha^{-1}) na
388 direção oeste e central do mapa caracterizado no mapa com tonalidade marrom escuro
389 (Figura 4E) onde observa-se uma declividade menor variando de 22 a 26% (Figura 6A).
390 Observou-se que as maiores declividades (31 a 35%) da área de mata ocorrem na
391 direção Leste-Oeste enquanto que as perdas de solo mais intensas são destacadas nos
392 mapas em todos os períodos estudados na direção Norte-Sul, provavelmente devido ao
393 acúmulo de partículas de solo nesta região.

394 Os mapas referentes a perda de solo da área de café sombreado durante os meses de
395 janeiro a maio apresentaram uma maior perda de solo no mês de março (240 kg ha^{-1}) na
396 direção norte (Figura 4F) onde observou-se uma maior declividade variando em 32,5 a
397 36,5% (Figura 6C). Observou-se maiores concentrações de perda de solo em todos os
398 períodos estudados na direção Norte-Sul, regiões próximas as maiores declividades.

399 Comparando as áreas é perceptível que a área do café possui valores de variação
400 mais elevados de perda de solo, porém com picos elevados de forma esporádica nas
401 regiões norte e sul, com valores menores na região central do mapa, mostrando ao longo
402 dos mapas uma distribuição de perda de solo bastante homogênea, dessa forma, os
403 valores observados não confirmam uma perda de solo desproporcional na área de café,
404 tal fato pode ser confirmado observando a tabela de perda média entre as duas áreas
405 (Tabela 1).



407 Figura 4. Variabilidade espacial de perda de solo em kg ha^{-1} nas áreas de Mata nativa
408 (A, C, E, G, I, K) e café sombreado (B, D, F, H, J, L) sequencialmente no período de
409 janeiro a maio e período total

410

411 Nos mapas referentes a perda de solo da área de cultivo convencional de milho
412 durante os meses de janeiro a maio, apresentaram uma maior perda de solo no mês de
413 janeiro de 15 kg ha^{-1} (Figura 5A) na direção norte e leste onde foi verificado maiores
414 valores de declividade variando entre 8 a 11% (Figura 6E). Percebe-se uma baixa perda
415 de solo quando comparado as demais áreas, sendo bem distribuída em todo os mapas.

416 Os mapas referentes a área de pousio demonstraram maior valor de perda de solo
417 durante o mês de março de 75 kg ha^{-1} (Figura 5F) na direção leste e sul onde foi
418 verificado valores de declividade entre 14,5 e 17,5%. Os maiores valores de perda de
419 solo na área de pousio estão concentrados na região sul e leste em todos os períodos
420 estudados, tendo baixa perda nas demais regiões.

421 As áreas de milho e pousio apresentam comportamento semelhante na distribuição de
422 perda de solo aos mapas de mata e café, na qual, os maiores valores de perda de solo
423 tendem a serem observados nas regiões de maior declive.

424

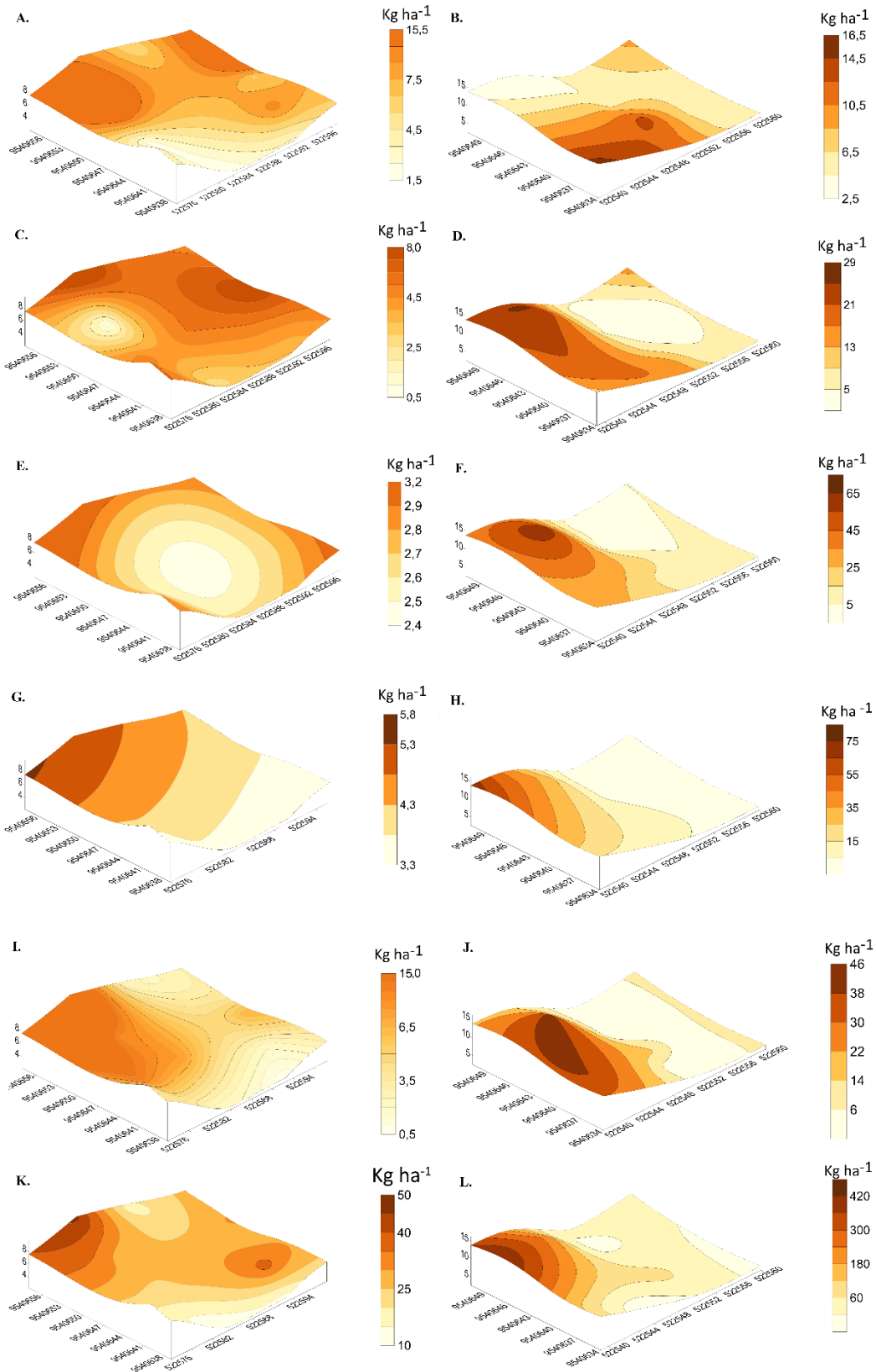
425

426

427

428

429

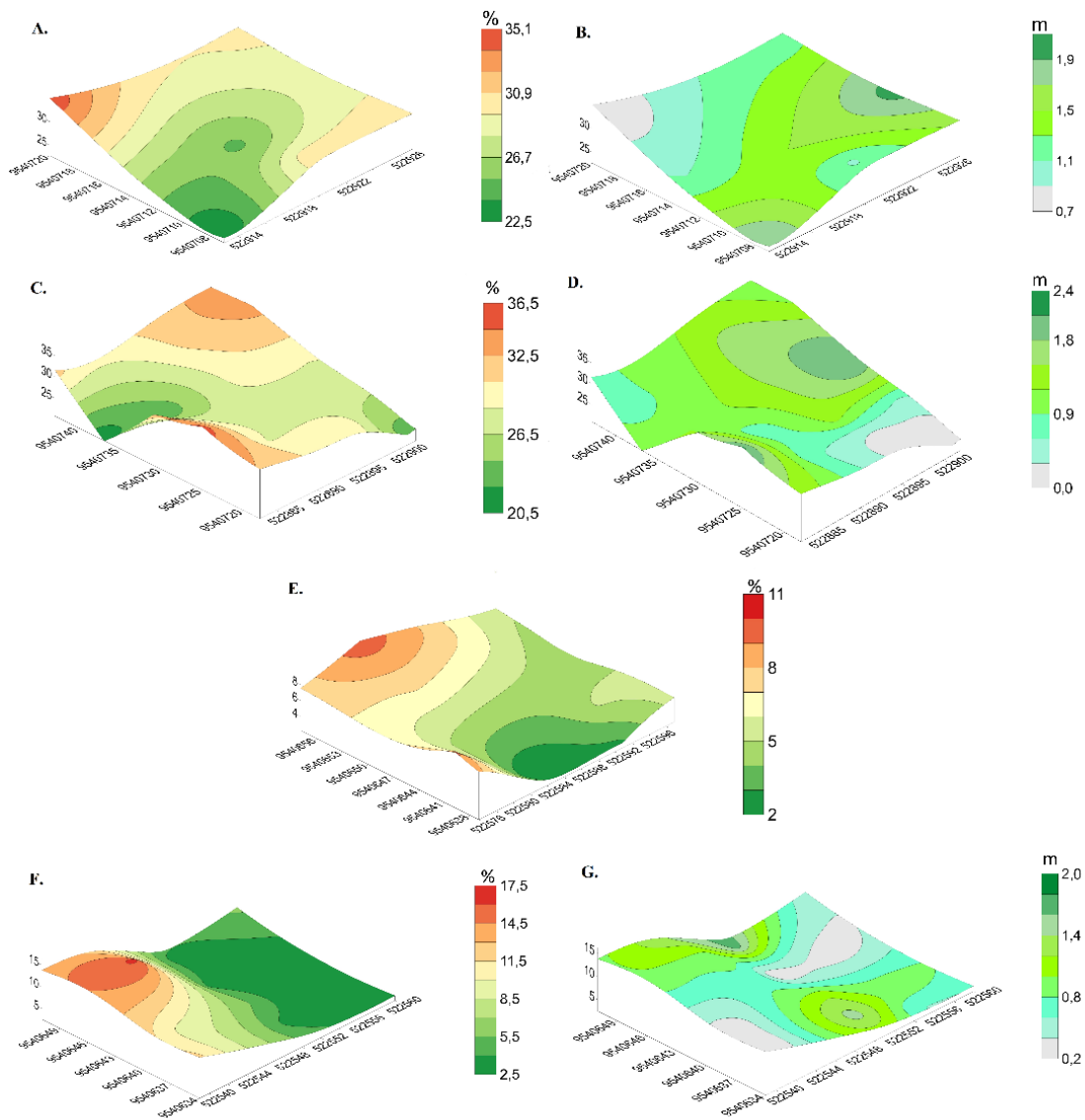


431 Figura 5. Variabilidade espacial de perda de solo em kg ha⁻¹ nas áreas de cultivo
432 convencional (A, C, E, G, I, K) e pousio (B, D, F, H, J, L) sequencialmente no período
433 de janeiro a maio e período total

434

435 A Figura 6 verifica-se a espacialização da declividade e cobertura de copa das 4
436 áreas experimentais, na maioria dos pontos de alta declividade é possível perceber
437 valores intermediários ou de baixa cobertura de copa demonstrando-se áreas críticas,
438 havendo uma semelhança na distribuição de perda de solo nos mapas das áreas de mata
439 nativa, café sombreado (Figura 4 e 5). Para a área do café foram observados valores de
440 copa entre 0 a 2,1 m respectivamente na direção oeste e norte (Figura 6D). Para a área
441 em pousio foram observados valores de copa entre 0,3 para as regiões norte e sul e 1,8
442 m para as região leste (Figura 6G).

443



444

445 Figura 6. Espacialização da declividade e cobertura de copa nas áreas de mata nativa (A,

446 B), café sombreado (C, D), cultivo convencional de milho (E) e área em pousio (F, G)

447

448

CONCLUSÕES

449

1. A perda de solo ajustou-se ao modelo esférico e exponencial.

450

2. Todos os manejos estudados apresentaram um grau de dependência espacial

451

forte para o parâmetro perda de solo, com exceção do mês de março na área

452

convencional de milho.

453 3. A cobertura florestal se mostrou uma alternativa viável na proteção do solo em
454 áreas de alta declividade.

455 4. As maiores perdas de solo estão correlacionadas às regiões de maior declividade.

456

457

AGRADECIMENTOS

458 A Unilab pela disponibilização do transporte para a Fazenda Experimental Piroás e
459 laboratórios de apoio.

460 Aos funcionários da Fazenda Experimental Piroás pelo apoio no desenvolvimento da
461 pesquisa.

462

463

REFERÊNCIAS

464 Aguiar, M.I.; Maia, S.M.F.M.; Oliveira, T.S.; Mendonça, E.S.; Filho, J.A.A. Perdas de
465 solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral-CE. Rev.
466 Ciênc. Agron., v. 37, p.270-278, 2006. Disponível em:
467 <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/165/159>

468 Albuquerque, A.W.; Neto, F.L.; Srinivasan, V.S.; Santos, J.R. Manejo da cobertura do
469 solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. Revista
470 Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]. 2002, v. 6, n. 1, pp. 136-
471 141. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000100024>

472 Alencar, N.M.S. Santos, A.C.; Neto, J.J.P.; Rodrigues, M.O.D.; Oliveira, L.B.T.
473 Variabilidade das perdas de solo em Neossolo Quartzarênico sob diferentes
474 coberturas no ecótono Cerrado-Amazônia. Revista Agrarian. v.12, n.43, p.473-480,
475 Dourados, 2019. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i43.8081>

476 Araújo, D.C.S.; Montenegro, S.M.G.L; Montenegro, A.A.A.; Junior, V.P.S.; Santos,
477 S.M. Spatial variability of soil attributes in an experimental basin in the semi-arid
478 region of Pernambuco, Brazil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e
479 Ambiental [online]. 2018, v. 22, n. 1, pp. 38-44. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n1p38-44>

481 Baldini, K.B.L.; Quinteiro, M.M.C. Agroecologia e as práticas tradicionais:
482 reconhecendo os saberes ancestrais. In: Santos, M.G.; Quinteiro, M., comps. Saberes
483 tradicionais e locais: reflexões etnobiológicas [online]. Rio de Janeiro: EDUERJ,
484 2018, pp. 28-49. <https://doi.org/10.7476/9788575114858.0004>

485 Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. 10.ed. São Paulo: Ícone, 2018.
486 360p.

487 Cambardella, C.A.; Moorman, T.B.; Novak, J.M.; Parkin, T.B.; Karlen, D.L., et al.
488 Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. Soil Science Society
489 of America Journal, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994. Disponível em: <
490 https://www.researchgate.net/publication/43269985_Field-

491 Scale_Variability_of_Soil_Properties_in_Central_Iowa_Soils>. doi:
492 10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x

493 Campos, M.C.C.; Junior, J.M.; Filho, M.V.M.; Pereira, G.T.; Souza, Z.M.; Barbieri,
494 D.M. Variação espacial da perda de solo por erosão em diferentes superfícies
495 geomórficas. *Ciência Rural* [online]. 2008, v. 38, n. 9, pp. 2485-2492.
496 <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000900011>

497 Carvalho, H. J.M. Ribeiro, C.A.M.; Santos, M.A.; Carvalho, P.V.R. Estimativa de perda
498 de solo por erosão laminar em Lucena-PB. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 5,
499 p. 57-68, 6 jun. 2019. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2019v5n0ID17972>

500 Dalchiavon, F. C.; Carvalho, M.P.; Andreotti, M.; Montanari, R. Variabilidade espacial
501 de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema
502 plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 34, n. 3, p. 453-461, 2012.
503 <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000300006>.

504 Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - EMBRAPA. Serviço Nacional de
505 Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. 22
506 Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.
507 (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

508 IPECE- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil básico municipal
509 de Redenção 2017. Fortaleza, CE: Governo do Estado do Ceará, 2018.
510 [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf)
511 [content/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf)

512 Lima, C.A. Montenegro, A.A.A.; Lima, J.L.M.P.; Almeida, T.A.B.A.; Santos, J.C.N.
513 Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas de solo em regiões
514 semiáridas. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [online]. 2020, v. 25, n. 3, pp. 531-
515 542. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020193900>.

516 Mello, G.; Bueno, C.R.P.; Pereira, G.T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do
517 potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. *Revista*
518 *Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 10, n. 2, p. 315-322, 2006.
519 <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000200010>

520 Miqueloni, D.P.; Gianello, E.M.; Bueno, C.R.P. Variabilidade espacial de atributos e
521 perda de solo na definição de zonas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*.
522 2015, v. 45, n. 1, p. 18-28, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4528029>

523 Rocha, B.G.S.; Valladares, G.S.; Cruz, N.N.L.; Aquino, C.M.S (2021). Variabilidade
524 espacial em grande escala do fator K por diferentes métodos indiretos no domínio
525 dos Mares dos Morros. *Geog Ens Pesq*, Santa Maria, v. 25, e13, 2021.
526 <https://doi.org/10.5902/2236499443552>

527 Sacramento, J.A.A.S.; Santos, J.A.G.; Loureiro, D.C.; Costa, O.V.; Cova, A.M.W.
528 Spatial variability and changes in carbon stocks of a Regosols (Psamments)
529 cultivated with sisal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [online].
530 2018, v. 22, n. 11, pp. 764-769. [https://doi.org/10.1590/1807-](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p764-769)
531 [1929/agriambi.v22n11p764-769](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p764-769)

532 Sanchez, R.B.; Junior, J.M.; Souza, Z.M.; Pereira, G.T.; Filho, M.V.M. Variabilidade
533 espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas.
534 *Bragantia* [online]. 2009, v. 68, n. 4, pp. 1095-1103. [https://doi.org/10.1590/S0006-](https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400030)
535 [87052009000400030](https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400030)

536 Santos, C. L.; Silva, J. P. Uso de técnicas de Geoprocessamento para análise dos
537 processos erosivos na microbacia do rio da Ribeira, Santa Rita (PB): uma análise a
538 partir da ocupação do relevo. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 4, n. 1, p. 90-
539 104, 3 jul. 2018. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2018v4n1ID14756>

- 540 Silva, Í.B.; Mendes, L.M.S. Mapeamento de áreas susceptíveis à erosão laminar no alto
541 curso do rio Banabuiú-CE. Revista Georaguia, [S.l.], v. 9, n. 2, aug. 2019.
542 Disponível em:
543 <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/8970>
- 544 Silva, J.F.G.; Neto, M.V.B. Identificação de Riscos Erosivos na Bacia Hidrográfica do
545 Rio Beberibe – PE (Identification of Erosive Risks in the Hydrographic Basin of
546 Beberibe River – PE). Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], v. 11, n. 5, p.
547 1709-1720, dez. 2018. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.5.p1709-1720>.
- 548 Thoma, A.C.; Tassinari, D.; Prat, B.V.; Fernandes, J.S.C.; Silva, A.C. Erodibilidade de
549 Neossolo Litólico pelo ensaio de Inderbitzen modificado e eficiência de blocos de
550 solo-cimento para controle da erosão hídrica. Engenharia Sanitaria e Ambiental
551 [online]. 2022, v. 27, n. 3, pp. 511-522. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210099>
- 552
- 553 Thompson, D.; Fidalgo, E.C.C. Vulnerabilidade dos solos à erosão: estimativa de perda
554 de solos na bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu – RJ. Rio de Janeiro: Embrapa
555 Solos, 2013. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 237). Disponível em:
556 [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129097/1/BPD-237-](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129097/1/BPD-237-Vulnerabilidade-Solos.pdf)
557 [Vulnerabilidade-Solos.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129097/1/BPD-237-Vulnerabilidade-Solos.pdf)
- 558 Vidaletti, V. F.; Marins, A. C. de; Secco, D.; Rizzi, R. L.; Chang, P. Impact of land
559 cover, slope and precipitation on soil water infiltration. Research, Society and
560 Development, v. 10, n. 17, p. e193101724562, 2021. DOI:
561 <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24562>
- 562 Wink C.; Monteiro S.J.; Reinert J.D.; Liberalesso E. (2012). Parâmetros da copa e a sua
563 relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. Sci.
564 Forest, 2012. v. 40, p.57-67.