

ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DA PERDA DE ÁGUA EM SISTEMAS AGRÍCOLAS NO MACIÇO DE BATURITÉ

Victor Hugo Viana Bandeira¹

Rafaella da Silva Nogueira²

RESUMO: A perda de água é o principal agente causador da perda de solo no Brasil. Isto tem ocasionado uma menor fertilidade do solo e com isso diminuído a produtividade das culturas. Objetivou-se analisar a distribuição espacial e temporal da perda de água em sistemas agrícolas agroflorestal e tradicional no Maciço de Baturité. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Piroás em Redenção – CE, no período de janeiro a maio de 2021. Os sistemas agrícolas avaliados foram sistema agroflorestal de café (*Coffea arabica L*), cultivo tradicional de *Zea mays* consorciado com fava (*Phaseolus lunatus*), área em pousio e mata nativa. O grid amostral foi do tipo regular com espaçamento de 6 x 6 m. Os pontos foram georreferenciados e em cada ponto representa um coletor de água. As amostras coletadas foram e mensuradas em l e transformada em l ha⁻¹. A declividade foi mensurada por meio de diferença de nível nos locais onde foram instalados os coletores de perda de água. A cobertura vegetal foi avaliada por meio do método de interseções com tela de barbante com 1 m². Os dados foram submetidos à análise descritiva e a modelagem variográfica para obtenção dos mapas de krigagem. O sistema agroflorestal de café apresentou perda de água maior que a mata nativa, sendo a perda média total do café de 36776,49 l ha⁻¹ e a da mata nativa de 35382,24 l ha⁻¹, isso aconteceu por conta da menor cobertura vegetal do café sombreado e por conta da menor densidade de plantas.

Palavras-chave: Erosão hídrica; Manejo do solo; Geoestatística; Sustentabilidade.

ABSTRACT: Water loss is the main agent causing soil loss in Brazil. This has resulted in lower soil fertility and thus reduced crop productivity. The objective was to analyze the spatial and temporal distribution of water loss in agroforestry and traditional agricultural systems in the Maciço de Baturité. The experiment was carried out at the Experimental Farm Piroás in Redenção - CE, from January to May 2021. The agricultural systems evaluated were coffee agroforestry system (*Coffea arabica L*), traditional cultivation of *Zea mays* intercropped with fava bean (*Phaseolus lunatus*), fallow area and native forest. The sampling grid was of the

¹ Discente do Curso de Agronomia pela Universidade da integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - Unilab.

² Orientadora: Doutora em Informação Espacial pela Universidade Federal de Viçosa - UFV
Data de submissão e aprovação: 03/05/2022

regular type with a spacing of 6 x 6 m. The points were georeferenced and each point represents a water collector. The samples collected were measured in l and transformed into $l\ ha^{-1}$. The slope was measured through the difference in level in the places where the water loss collectors were installed. Vegetation cover was evaluated using the method of intersections with a $1\ m^2$ screen of string. Data were submitted to descriptive analysis and variographic modeling to obtain kriging maps. The coffee agroforestry system showed a greater loss of water than the native forest, with the average total loss of coffee of $36776.49\ l\ ha^{-1}$ and that of the native forest of $35382.24\ l\ ha^{-1}$, this happened due to the lower plant cover of shaded coffee and due to the lower density of plants.

Key words: Water erosion; soil management; Geostatistics; Sustainability.

INTRODUÇÃO

A perda de água é o principal agente causador da perda de solo no Brasil (Lepsch, 2013). A principal consequência desse tipo de erosão é a perda de nutrientes nas camadas superficiais do solo e com isso reduzindo a produtividade das culturas (Bertoni & Lombardi Neto, 2018).

O manejo dos sistemas agrícolas pode promover perdas de água variáveis de acordo com o relevo, solo, clima, cobertura vegetal e sistemas de manejos Bagatini (2011). Alvarez et al. (2015) avaliando a erosão hídrica e a perda de solo, água nutrientes em duas bacias hidrográfica, concluíram que a bacia com mais área úmida foi a que perdeu mais água, porém perdeu menos sedimentos. Zolin et al (2016) avaliaram a perda de água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho (*Glycine max L* e *Zea mays L*) verificaram que no sistema de lavoura- floresta a perda de água e solo é menor que no sistema de sucessão de soja e milho. Segundo os autores isso aconteceu porque o sistema lavoura – floresta proporciona uma melhor cobertura vegetal quando comparado ao sistema de sucessão soja-milho.

A geoestatística é uma ciência que consegue estimar valores em locais não amostrados por meio do conceito de variáveis regionalizadas para avaliar a variabilidade espacial das propriedades do solo, diferente da estática clássica que depende de uma normalidade e independência espacial entre os dados (Bernadi et al., 2014). O uso da geoestatística auxilia na interpretação dos dados e a tomadas de decisões (Bernadi et al., 2014).

Diante do exposto, objetivou-se analisar a distribuição espacial e temporal da perda de água em sistemas agroflorestais e tradicionais no Maciço de Baturité.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Piroás que pertence a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada em Redenção, CE, Brasil, entre as coordenadas geográficas 522751 de longitude oeste e 9540709 de latitude sul (Figura 1). O município de Redenção está situado no Maciço de Baturité no estado do Ceará a uma altitude média de 63m, tendo temperaturas medias de 26°C a 28°C, umidade relativa do ar de 71% e pluviosidade média anual de 1062 mm (IPECE, 2017).

O clima predominante é classificado como o BSh (semi-árido quente) . O tipo de solo predominante na região são o Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e planossolo solódico (Santos et al., 2018).

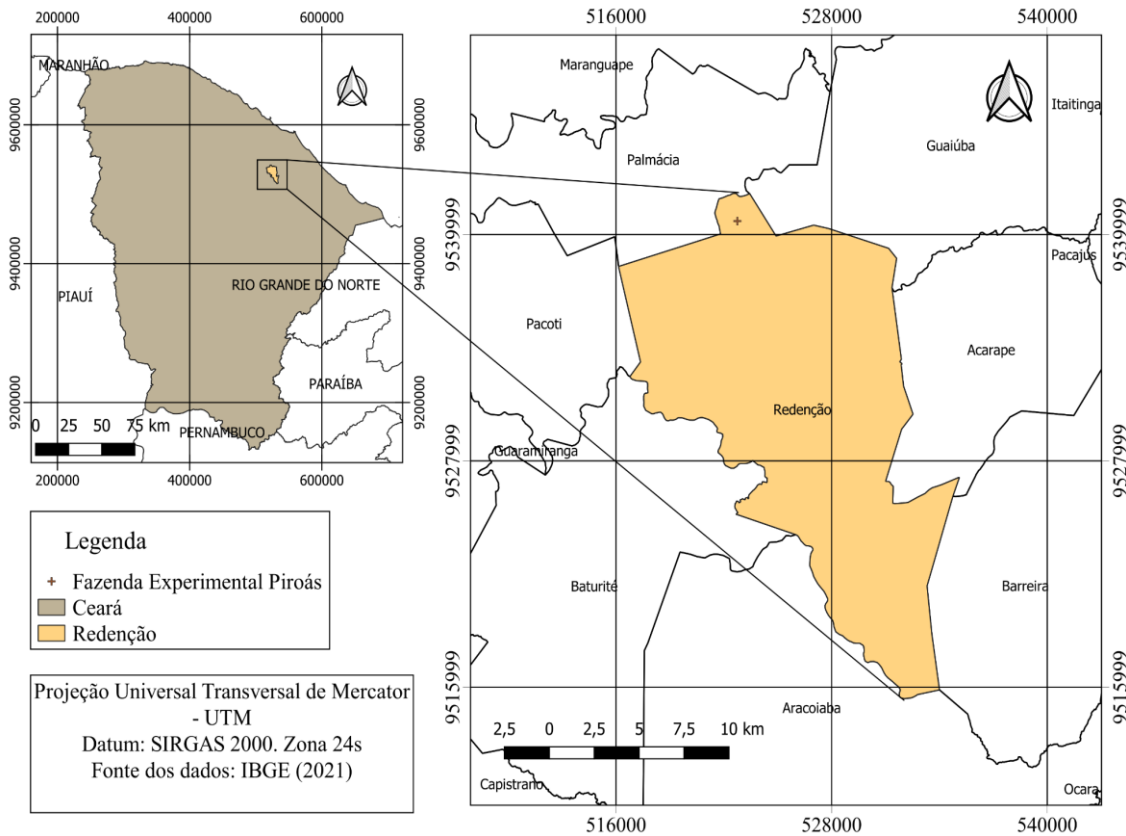


Figura 1 Mapa de localização da Fazenda experimental Piroás, Redenção – CE

O experimento foi implantado em quatro sistemas de manejo nos meses de janeiro de 2021 a maio de 2021. Na primeira área antes da implantação do café em sistema sombreado eram produzidas plantas ornamentais, mas nos anos de 2013 a 2019 essa área passou o período em pousio, em 2019 foi implementado o café (*Coffea L*) sombreado com as cultivar *Coffea arabica*, para esse estudo foi utilizado área de 576 m². No segundo sistema contém mata nativa preservada com área de 324 m², que tem como característica plantas do bioma da caatinga. No terceiro sistema é a área do cultivo tradicional, tendo 288 m² foi semeado o milho (*Zea mays*) e a fava (*Phaseolus lunatus*) no quarto sistema é uma área que está em pousio que tem como característica plantas do da caatinga desde de 2020 e tem área de 288 m².

O preparo da área foi feito inicialmente no sistema de cultivo convencional no final de novembro de 2020, nesse mês foi feita a limpeza do local por meio da capina manual e em dezembro foi semeado o milho e a fava com o espaçamento do milho de 0,3 m entre plantas e 1 m entre linha, entra as linhas foi semeada a fava. Ainda em dezembro foi feita as leiras para delimitar a área de cada coletor em todos os tratamentos.

Análise espacial e temporal foi analisada por meio de grid regular com espaçamento de 6 x 6m onde foram distribuídos 16, 9, 12 e 12 pontos amostrais nas áreas do café sombreado, mata nativa, cultivo tradicional e pousio respectivamente.

Antes de gerar os mapas, foram coletadas as coordenadas de cada ponto com ajuda de um GPS de navegação garmin gpsmap 76csx, depois foram instalados coletores de água no solo, onde cada coletor possui cerca de 0,25m de abertura no qual foram acoplados um saco plástico com as medidas de 0,25m x 0,36m.

Os dados foram coletados mensalmente, contudo em situações de volume limite ao coletor antes de completar os 30 dias, foi efetuado a troca do saco para realização de uma nova medição que foi somado para obtenção de perda mensal nas áreas em estudo.

O volume de água coletado foi transformado em litros por hectare (Bertoni & Lombardi Neto, 2018), segundo a Eq. 1:

$$\text{Perda de água l/ha} = (A \times Q/P) * LS \quad (1)$$

A = largura da parcela dividido pela largura do coletor

Q = Quantidade de água perdida em litros

P = área útil de cada coletor, obtido através do comprimento da parcela multiplicada pela a largura da parcela (m) / 10000m²

LS = Fator da equação de previsão de perda de água, conforme Bertoni e Lombardi Neto (2018), obtido através da Eq. 2:

$$LS = 0,00984C^{0,63}D^{1,18} \quad (2)$$

Onde:

C = comprimento da rampa (m)

D = grau de declividade (%).

A declividade foi mensurada em cada coletor por meio de diferença de nível enquanto que a cobertura vegetal foi estimada com auxílio de uma tela de barbante pelo o método de interseções com 1 m x 1 m, que totalizam 100 interseções. A somatória dos pontos de interseções é o valor estimado da cobertura vegetal em porcentagem conforme Aguiar et al. (2006).

Os dados pluviométricos do período de janeiro a maio foram obtidos por meio de um pluviômetro instalado na Fazenda Experimental Piroás (Figura 2).

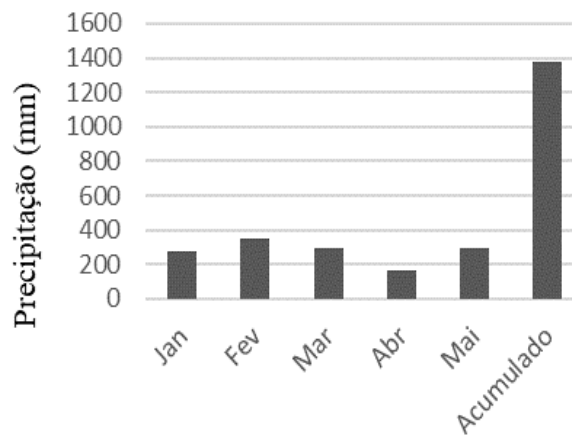


Figura 2 - precipitação nos meses de janeiro a maio, mais o total acumulado nesses meses na Fazenda Experimental Piroás

As variáveis estudadas foram submetidas a estatística descritiva para obtenção das seguintes medidas: mínimo, máximo, média, mediana, coeficiente de variação (CV), assimetria, curtose e a teste normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5%.

Antes da modelagem os dados obtidos na perda de água l ha⁻¹ foram transformados para m³ ha⁻¹. Após a transformação de unidade a modelagem dos semivariogramas foi realizada para verificar a dependência espacial dos dados. Foi utilizado o software ArcGis 10.8 para escolher qual dos seguintes modelos matemáticos: esférico, exponencial e gaussiano apresentaram melhor ajuste. A seleção do modelo foi realizada a partir do root Mean Square (RMS). Em seguida, determinou-se os parâmetros: efeito pepita (C0), patamar (C0 + C) e alcance (a) e a relação do efeito pepita como patamar.

A relação efeito pepita/patamar foi obtida através da Eq. 3:

$$GDE = \frac{C_0}{C_0 + C_1} * 100 \quad (3)$$

GDE – grau de dependência espacial;

C0 – efeito pepita;

C0+C1 – patamar

Cambardella et al., (1994) classificou o GDE da seguinte maneira:

GDE ≤ 25% – alta dependência espacial;

25% < GDE ≤ 75% – moderada dependência espacial;

GDE > 75% – Fraca dependência espacial.

Após a escolha do melhor modelo os mapas foram gerados no software Surfer 18.1, utilizando os dados modelados do ArcGis 10.8, por meio da interpolação dos dados utilizando a krigagem ordinária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores valores de perda de água foram no sistema do café sombreado (30616,94 l ha⁻¹) e na mata nativa (25779,07 l ha⁻¹) (Tabela 1) ocorreram no mês de abril mesmo sendo o mês com a menor pluviosidade (Figura 2). Albuquerque et al (2002) comenta em seu trabalho que independente do sistema de manejo o solo tem limitações de infiltração e por conta disso a perda de água pode ser maior em meses que choveu menos. Por outro lado, no cultivo tradicional e no pousio a maior perda de água foi observada no mês de fevereiro com valores de 2526,84 l ha⁻¹ e de 2401,44 l ha⁻¹ perdas de água, respectivamente (Tabela 1). Salienta-se que a cobertura vegetal da caatinga contribui para que tenha menos perda de água, nos meses iniciais do cultivo tradicional e do pousio a cobertura vegetal era pouca e por conta disso possa ter contribuído para maior perda de água nesses meses (Albuquerque et. al. 2002).

Tabela 1 - Estatística descritiva da perda de água em l.ha⁻¹ nos sistemas de manejo agroflorestal e tradicional

Café Sombreado								
Período	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	CV (%)	Assimetria	Curtose	KS
Janeiro	0,00	22171,73	3807,52	255,79	171,00	1,90	3,22	0,34 ^{ns}
Fevereiro	0,00	30538,81	5872,74	3807,52	173,00	2,01	3,02	0,30*
Março	157,94	27678,21	8353,90	8353,90	92,00	1,13	1,18	0,15*
Abril	0,00	30616,94	9110,30	9110,30	110,00	1,17	0,09	0,25*
Mai	358,07	23194,02	9632,04	9632,04	63,00	0,97	1,11	0,17*
Período total	11774,50	84472,65	36776,49	36776,49	56,00	1,04	0,79	0,17*
Mata nativa								
Período	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	CV (%)	Assimetria	Curtose	KS
Janeiro	0,00	7355,35	5872,73	756,07	173,00	0,89	3,02	0,30*
Fevereiro	0,00	9092,84	2644,77	900,85	123,00	1,22	0,37	0,26*
Março	1632,48	15470,48	8958,82	8858,00	44,00	-0,21	0,56	0,13*
Abril	0,00	25779,07	10100,32	8198,66	82,00	0,78	0,11	0,15*
Mai	2720,80	21748,56	9354,24	6658,07	58,00	0,66	-0,76	0,27*
Período total	7362,16	62460,3	35382,24	34826,57	43,00	-0,07	0,98	0,15*
Cultivo tradicional								
Período	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	CV (%)	Assimetria	Curtose	KS
Janeiro	0,00	352,95	68,39	7,74	191,00	1,94	2,35	0,37*
Fevereiro	0,00	2526,84	864,54	316,93	107,00	0,63	-1,30	0,30*
Março	0,00	2094,29	679,73	231,49	111,00	0,76	-0,99	0,28*
Abril	0,00	1823,88	383,37	254,82	134,00	2,24	5,81	0,24*
Mai	0,00	1146,95	387,93	206,10	116,00	0,68	-1,15	0,27*
Período total	0,00	6036,51	2383,99	1052,52	98,00	0,64	-1,50	0,25*
Pousio								
Período	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	CV (%)	Assimetria	Curtose	KS
Janeiro	0,00	790,81	106,12	3,70	232,00	2,47	5,73	0,45 ^{ns}
Fevereiro	0,00	2401,44	419,99	219,57	155,00	2,97	9,55	0,31*

Março	0,00	1076,43	225,48	0,00	173,00	1,77	1,86	0,30*
Abril	0,00	2088,53	365,27	190,96	155,00	2,97	9,55	0,31*
Maio	0,00	1911,46	626,76	284,96	117,00	0,72	-1,04	0,28*
Período total	26,91	6416,29	1743,64	1267,05	104,00	1,73	3,43	0,20*

Nota: CV - Coeficiente de Variação (%); KS – teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, (*) 5% do valor crítico; ^{ns} não significativo

A perda média total de água no café sombreado foi 36776,49l ha⁻¹, na mata nativa foi 35382,24l ha⁻¹, que representa cerca de 3,8% a mais de perda de água no café sombreado em comparação a mata nativa, no cultivo tradicional foi 2383,99l ha⁻¹ e no pousio perda média total foi 1743,64 l ha⁻¹(Tabela 1), que representa cerca de 26,87% a mais de perda de água no cultivo tradicional em comparação ao pousio

A mata nativa é uma área que tem densidade de plantas maior que a área do café sombreado o mesmo é visto na área de pousio e cultivo tradicional no qual o pousio tem uma densidade de planta maior que no cultivo tradicional. Nesse mesmo sentido, Barros et al., (2015) afirmam que espaçamentos menores entre linhas tem perda menor de água e espaçamento menor entre linha faz com que a área tenha maior densidade de plantas.

O coeficiente de variação apresentou alta variabilidade (82 a 191%) nos meses de janeiro, fevereiro e abril em todos os sistemas de manejo, também apresentaram alta variabilidade em março e maio nos sistemas de café sombreado (92% e 63%), cultivo tradicional (111,00% e 116%) e pousio (173% e 117%), no período total a alta variabilidade foi presente no cultivo tradicional (98%) e no pousio (104%) (Tabela 1). Tais resultados podem ser associados a pesquisas realizadas em ambientes que não se tem o controle de todas as intempéries climáticas conforme Chang (2018). Comportamento semelhante foi observado nos trabalhos de Albuquerque et al.(2002), Farias (2016) e Chang (2018). Nos meses de março e maio da mata nativa o CV foi de 44% e 43% respectivamente, e os períodos totais do café sombreado (56%) e da mata nativa (43%) apresentaram media variabilidade conforme Warrick & Nielsen (1980).

Os valores de assimetria variaram de -0,21 a 2,97, com predomínio de distribuição assimétrica positiva para a maioria das variáveis segundo Castro et al., (2021). No mês de março e o período total da área de mata nativa foram os únicos que apresentaram assimetria negativa. O coeficiente de curtose apresentou um padrão de distribuição platicúrtica, ou seja, a curtose foi negativa na mata nativa em maio (-0,71), no cultivo convencional em fevereiro (-1,30), março (-0,99), maio (-1,15) e período total (-1,50) e no SAF em maio (-1,04) enquanto que nas outras áreas estudadas o coeficiente de curtose apresentaram uma distribuição leptocúrtica.

Embora tenha sido observado valores de assimetria de até 2,97 e curtose máxima de 9,55, os dados apresentam um padrão de distribuição normal. Segundo Assumpção (2014) valores de assimetria e curtose perto de zero é um indicativo que tende a uma normalidade. Tal comportamento foi confirmado pelo teste de KS a 5% que foi significativo para a maioria das áreas estudadas. Entretanto, no sistema de café sombreado e pousio, para o mês de janeiro o teste de KS não foi significativo, indicando que os dados não tendem a uma normalidade.

A declividade média da área do café foi de 28,58% e a da mata nativa 27,14%. Santos et al (2018) descrevem que essas declividades são classificadas como fortemente ondulado, enquanto que para o cultivo convencional declividades de 5,69 % e para o pousio 6,91% são classificados como suavemente ondulado (Tabela 2).

Tabela 2 - Estatística descritiva da declividade % e cobertura vegetal % nos sistemas de manejo agroflorestal e tradicional.

Declividade								
Tratamentos	Mínimo (l/ha ¹)	Máximo (l/ha ¹)	Média	Mediana	CV (%)	Assimetria	Curtose	KS
Café sombreado	20,50	35,67	28,58	28,37	14,26	-0,31	-0,19	0,14*
Mata nativa	15,00	35,00	27,14	29,10	21,19	-1,11	1,84	0,19*
Cultivo tradicional	2,17	9,75	5,69	5,17	42,35	0,39	-0,74	0,17*
Pousio	2,50	16,33	6,91	4,94	66,74	1,05	-0,21	0,25*

Cobertura Vegetal								
Tratamento	Mínimo (l/ha ¹)	Máximo (l/ha ¹)	Média	Mediana	CV (%)	Assimetria	Curtose	KS
Café sombreado	21,00	100,00	76,25	88,00	34,23	-0,96	-0,42	0,25*
Mata nativa	72,00	100,00	94,22	100,00	9,93	-2,00	4,19	0,28*
Cultivo tradicional	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	-	-	-
Pousio	31,00	100,00	75,83	81,00	32,42	-0,92	-0,40	0,23*

Nota: CV - Coeficiente de Variação (%); KS – teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, (*) 5% do valor crítico

Oliveira et al (2013) analisaram a perda de água em diferentes intensidades de chuvas e declividades, verificou que maiores intensidades de chuvas em acentuadas declividades aumenta a perda de água, também obtiveram como resultado que a presença de resíduos vegetais retarda o início da perda de água e com isso a água tem mais tempo de infiltrar no solo.

As áreas que apresentaram a maior cobertura vegetal foi o cultivo tradicional (100%), seguido da mata nativa (94,22%), café (76,25%) e o pousio (75,83). (Tabela 2).

O cultivo tradicional apresentou maior cobertura vegetal por conta que é uma área que não tem sombreamento das copas de árvores, com isso a cobertura vegetal se desenvolve melhor e mais rápido, segundo Aguire et al., (2006) a alta densidade de árvores da caatinga dificulta a passagem da radiação solar, por conta disso reflete diretamente em valores menores de cobertura vegetal, é por esse motivo que o cultivo tradicional apresentou menor perda média de água em maio ($387,93 \text{ l ha}^{-1}$) do que no pousio no mesmo período ($626,761 \text{ l ha}^{-1}$)(Tabela 1).

A cobertura do solo é de suma importância para a menor perda de água e conseqüentemente para menor erosão hídrica, segundo Ferreira et al., (2010. p9) “Um dos principais métodos para controlar a maior parte das perdas por erosão se dá com a adoção de uma boa cobertura vegetal do solo”.

O coeficiente de variação teve alta variabilidade na declividade no pousio (66,74%), baixa variabilidade na cobertura vegetal na mata nativa (9,93 %), o coeficiente de variação apresentou media variabilidade (14,26 a 42,35 %) na declividade nos sistemas do café sombreado, mata nativa e cultivo tradicional e na cobertura morta nos sistemas de café sombreado e pousio, segundo Warrick & Nielsen (1980).

É possível perceber que na cobertura vegetal no cultivo tradicional não apresentou resultados para assimetria, curtose e KS, isso aconteceu por que esse tratamento está com sua área 100% coberta e por conta disso não tem variação no conjunto de dados. Esse também é o motivo de não ter o mapa de variabilidade espacial da cobertura vegetal nesse tratamento.

O índice de assimetria foi negativo na declividade nos sistemas do café foi de -0,31 e na mata nativa foi de -1,11 e na cobertura vegetal todos os tratamentos apresentaram assimetria negativa, enquanto na declividade o cultivo convencional observou-se assimetria positiva de 0,39 e na área de pousio de 1,05.

A distribuição platicúrtica para o coeficiente de curtose foi observada somente na mata nativa na declividade (1,84) e na cobertura vegetal (4,19), nos outros tratamentos foram negativos e com isso apresentando distribuição leptocúrtica. Em todos os tratamentos tanto na declividade quando na cobertura vegetal apresentaram KS significativo, ou seja, o padrão tende a uma normalidade.

Os modelos matemáticos que proporcionaram melhor ajuste dos dados foi o esférico em fevereiro no café, março na mata nativa, abril e período total no cultivo convencional. Já em março no café, maio e o período total na mata nativa, abril e período total

no cultivo convencional e abril no pousio o modelo matemático que teve o melhor ajuste foi o gaussiano, nos demais meses o modelo que teve o melhor ajuste foi o exponencial (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros de ajuste dos semivariogramas da perda de água no café sombreado, mata nativa, cultivo tradicional e pousio.

Café sombreado						
Período	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE	RMS
Janeiro	Exponencial	0,00	23,99	16,62	0,00	1,11
Fevereiro	Exponencial	6,35	12,30	32,96	51,6	0,99
Março	Gaussiano	33,34	3,03	36,00	1100,33	1,01
Abril	Exponencial	55,41	14,73	17,00	313,00	0,99
Maiο	Exponencial	0,00	16,44	36,00	0,00	0,98
Período total	Exponencial	0,00	353,76	20,00	0,00	1,22
Mata nativa						
Período	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE	RMS
Janeiro	Exponencial	0,00	9,10	11,00	0,00	0,98
Fevereiro	Exponencial	7,40	3,75	7,40	197,00	0,95
Março	Esférico	15,4	2,95	28,95	522,00	1,00
Abril	Exponencial	0,00	128,00	28,83	0,00	0,86
Maiο	Gaussiano	2,00	2,20	49,00	90,00	1,01
Período total	Gaussiano	226,00	25,63	28,83	881,00	1,02
Cultivo tradicional						
Período	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE	RMS
Janeiro	Exponencial	0,00	0,02	33,41	0,00	0,74
Fevereiro	Gaussiano	0,07	0,18	38,46	388,88	1,05
Março	Exponencial	0,22	0,46	38,46	47,82	0,99
Abril	Esférico	0,24	0,02	17,07	1200,00	0,98
Maiο	Exponencial	0,12	0,10	22,36	120,00	0,95
Período total	Esférico	5,46	0,23	17,07	2373,19	1,00
Pousio						
Período	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE	RMS
Janeiro	Exponencial	0,01	0,07	30,56	14,28	1,17
Fevereiro	Exponencial	0,01	0,02	42,42	50,00	1,27
Março	Exponencial	0,00	0,15	42,65	0,00	1,13
Abril	Gaussiano	0,19	0,22	19,05	86,00	1,14
Maiο	Exponencial	0,37	0,27	30,56	137,07	1,02
Período total	Exponencial	0,33	4,72	30,59	6,99	1,19

Nota: *C0 – Efeito pepita; *C0+C – Patamar; *a – Alcance (m); *GDE - grau de dependência espacial; *RMS – Root Mean Squar

Os efeitos pepita (C0) na maioria das áreas foi baixo, só nos meses de março (33,34) e abril (55,41) no café sombreado e período total (226,00) na mata nativa apresentaram valores longe de 0. Conforme Landim (2015) quanto mais perto de 0 for o efeito pepita menor vai ser a variância dos dados.

O patamar (C0+C1) apresentou os maiores valores no café sombreado no período total (353,76) e em abril (128,00) na mata nativa e menores valores em janeiro (0,02) da mata nativa e em fevereiro (0,02) no pousio. Conforme Reichardt e Timm (2012) patamar é “o valor da semivariância correspondentes ao seu alcance. Deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as observações da variável”

Os maiores valores do alcance encontram-se em maio (49,00) na mata nativa e em março (42,65) no pousio, já os menores valores foram em fevereiro (7,40) na mata nativa e em janeiro (16,62) no café sombreado. Segundo Reichardt e Timm (2012) o alcance e a “distância dentro da qual as observações da variável apresentam-se correlacionadas espacialmente.”

A análise de dependência espacial indicou uma forte dependência espacial no mês de janeiro em todas as áreas, março no pousio, abril na mata nativa, maio no café e no período total no café e pousio. Os períodos que apresentaram moderada dependência espacial foram no mês de fevereiro no café e no pousio e em março no cultivo convencional. Todos os demais períodos apresentaram fraca dependência espacial.

Na mata nativa e no pousio o modelo matemático que teve o melhor ajuste foi o modelo exponencial nos dois parâmetros, enquanto que na área do café o melhor ajuste ocorreu com o modelo esférico em ambos os parâmetros. Os dados de declividade no sistema tradicional tiveram melhor ajuste no modelo exponencial (Tabela 4)

Tabela 4 - Parâmetros de ajuste dos semivariogramas da declividade e cobertura

Café Sombreado						
Parâmetros	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE	RMS
Declividade	Esférico	13,29	4,54	19,61	292,73	1,01
Cobertura	Esférico	5,70	5,60	13,73	101,78	0,96
Mata nativa						
Parâmetros	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE	RMS
Declividade	Exponencial	11,49	3,50	15,52	328,28	1,02
Cobertura	Exponencial	24,00	98,20	20,38	24,43	0,95
Cultivo tradicional						
Parâmetros	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE	RMS
Declividade	Exponencial	0	8,80	38,46	0	0,95
Cobertura	-	-	-	-	-	-
Pousio						
Parâmetros	Modelo	C0	C0+C1	Alcance	GDE	RMS
Declividade	Exponencial	0	28,21	22,49	0	0,74
Cobertura	Exponencial	585,78	126,70	15,73	462,33	0,93

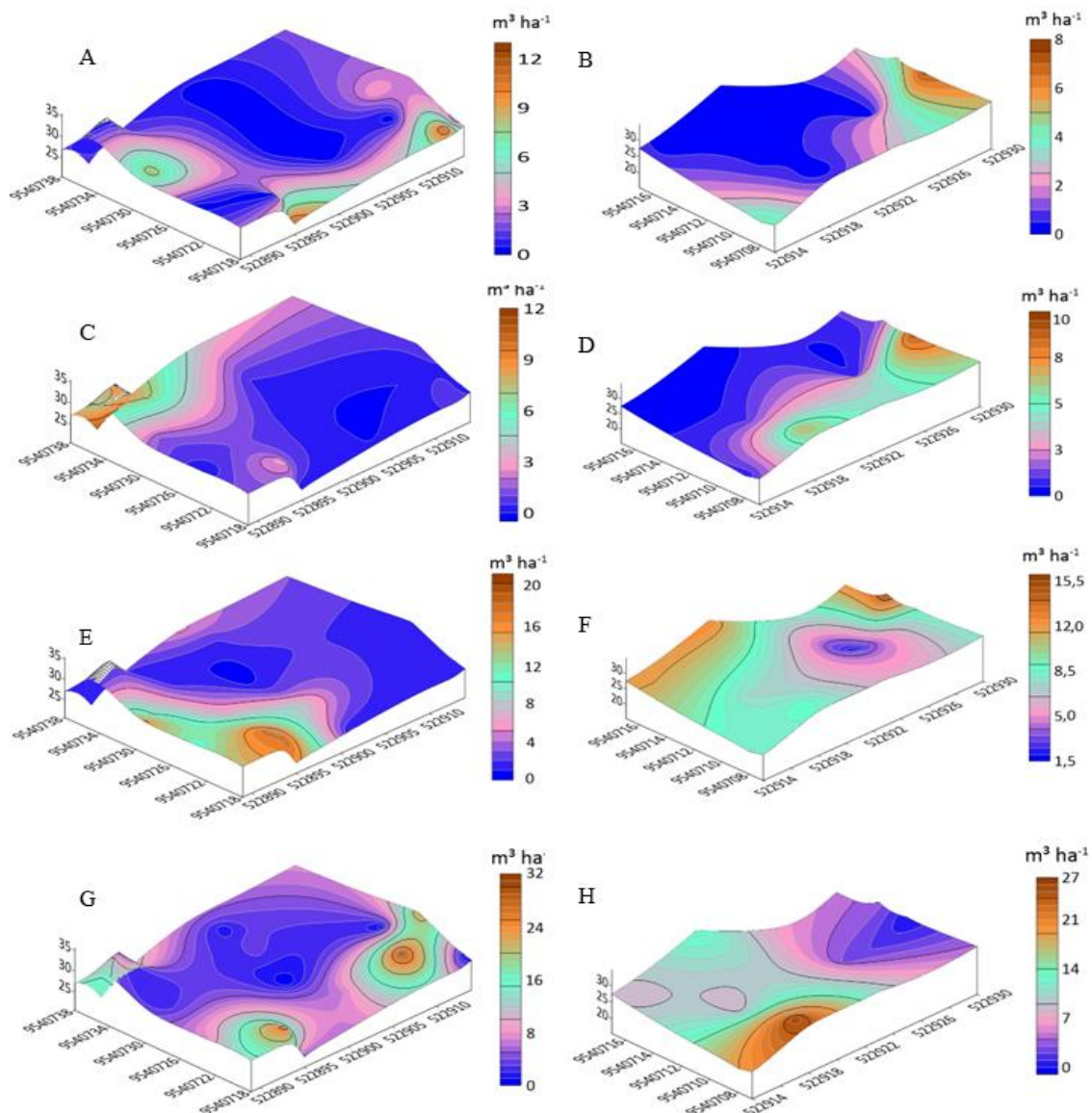
Nota: *Co – Efeito pepita; *Co+C - Patamar; *a – Alcance (m); *GDE- grau de dependência espacial; * RMS – Root Mean Square

A cobertura da mata nativa obteve moderada dependência espacial, em todos os outros casos teve fraca dependência espacial.

Teve como maior alcance a declividade no cultivo tradicional (38,56 m) e menor alcance na cobertura no café sombreado (13,73 m).

A distribuição espacial da perda de água indicou que em abril no café (Figura 3G) teve na direção leste a maior perda de água ($30 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}$) assim como na mata nativa que se observou perdas de água variando de 21 a $27 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}$ (Figura 3H). Tais resultados podem ser associados, a menor quantidade (40% a 60%) de cobertura vegetal do café sombreado (Figura 4C) em comparação a mata nativa (Figura 4D).

A perda total de água na área do café (Figura 3K) e na mata nativa (Figura 3L) se caracterizou por ser maior na direção oeste e leste dos mapas, contudo ressalta-se que o café sombreado apresentou alguns pontos de perda de água superior à da mata nativa. Isso pode ser atribuído a da alta declividade (35%) (Figura 4A) e menor favor de cobertura vegetal (40 a 60%) (Figura 4C). Vidaletti et al. (2021), verificaram em seu trabalho que em declividades maiores que 10% é necessário uma melhor cobertura em intensidade de chuva superiores a 74,48 mm.



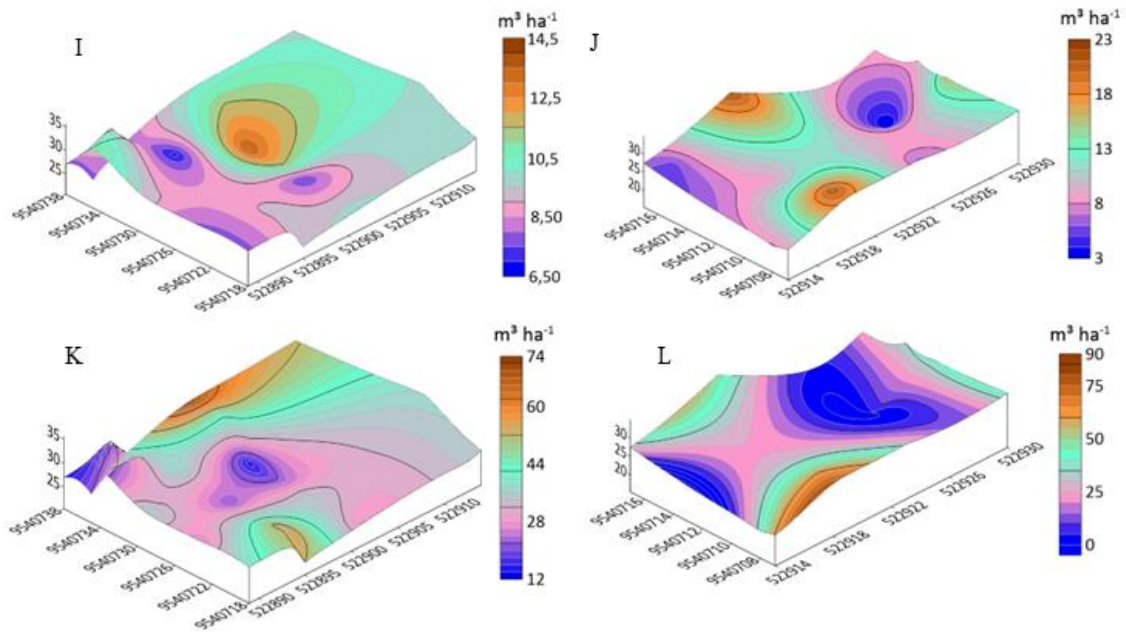


Figura 3. Perda de água no café e na mata nativa nos meses de: Janeiro café sombreado (A), Janeiro mata nativa (B), Fevereiro café sombreado (C), Fevereiro mata nativa (D), Março café sombreado (E), Março mata nativa (F), Abril café sombreado (G), Abril mata nativa (H), Maio café sombreado (I), Maio mata nativa (J), Total café sombreado (K), total mata nativa (L)

O café sombreado e a mata nativa são áreas circunvizinhas com condições topográficas semelhantes, por conta disso suas declividades são próximas (Figura 4). Bertoni e Lombardi Neto (2018) analisaram a perda de água em áreas de café e mata, e observaram que a mata perde menos água do que o café.

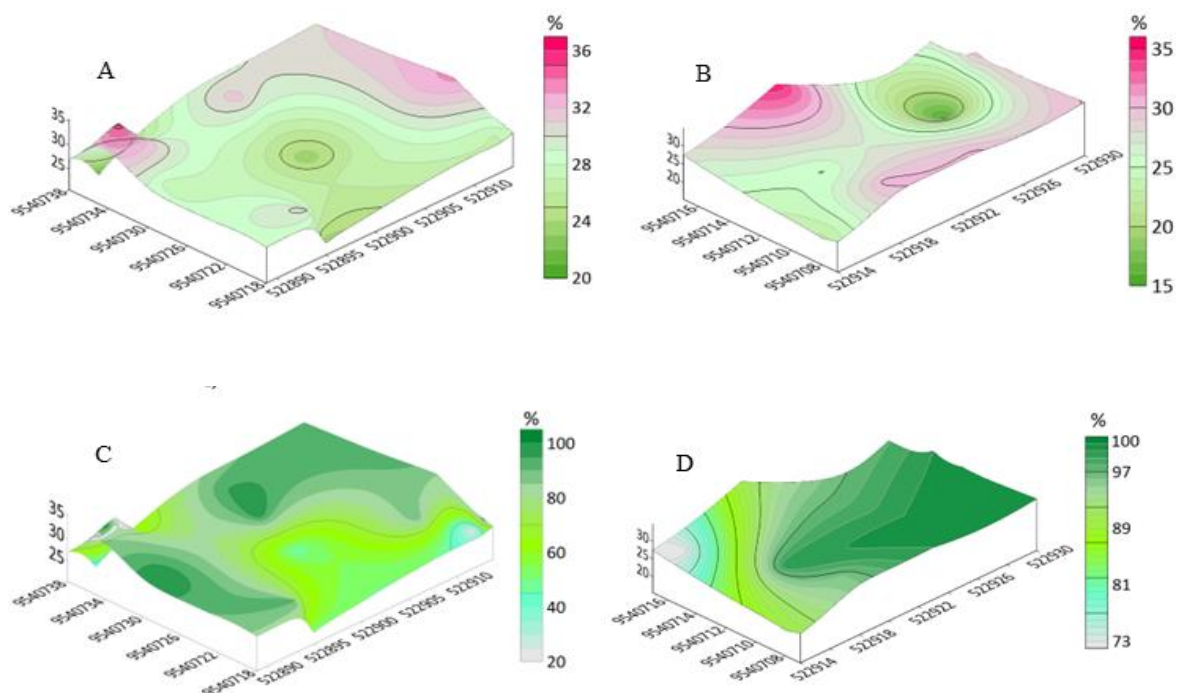
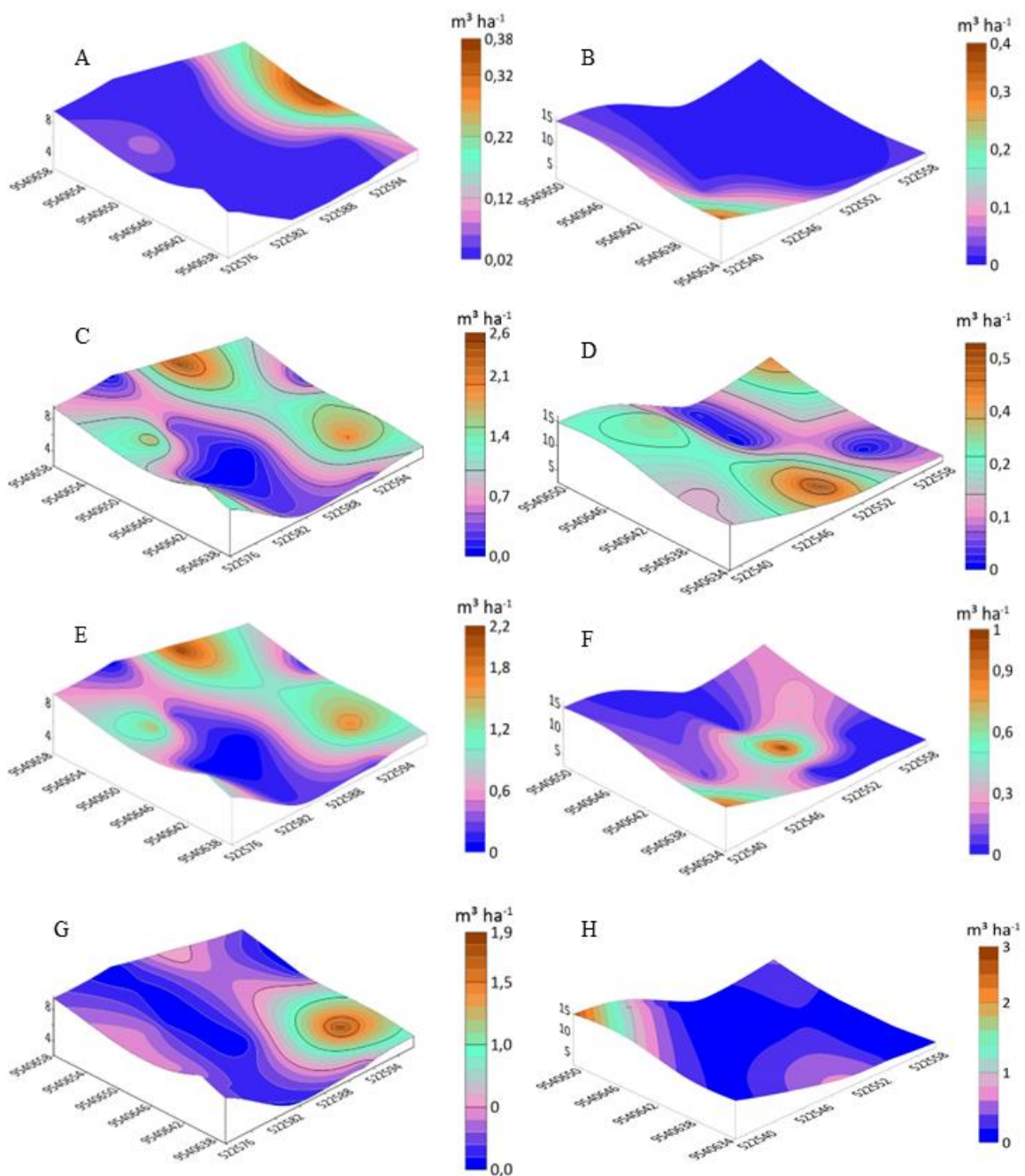


Figura 4. Declividade e cobertura vegetal: Declividade café sombreado (A), Declividade mata nativa (B), Cobertura Vegeta café sombreado (C), Cobertura Vegeta mata nativa (D)

A distribuição espacial da perda de água indicou que o maior pico de perda de água no cultivo tradicional foi em fevereiro (Figura 5C), essa perda se deu mais ao norte do mapa, já no pousio o pico de maior perda foi em abril (Figura 5H) na direção oeste onde tem as maiores declividade (16 %) (Figura 6B).

É possível observar que a perda de água no cultivo tradicional depois de fevereiro foi reduzindo, ao contrário do que acontece no pousio, essa queda pode ser explicada por conta do crescimento da cobertura vegetal, pois após a implantação do cultivo não foi realizada nenhuma capina o que favoreceu o aumento da cobertura vegetal na área e consequentemente a menor perda de água.



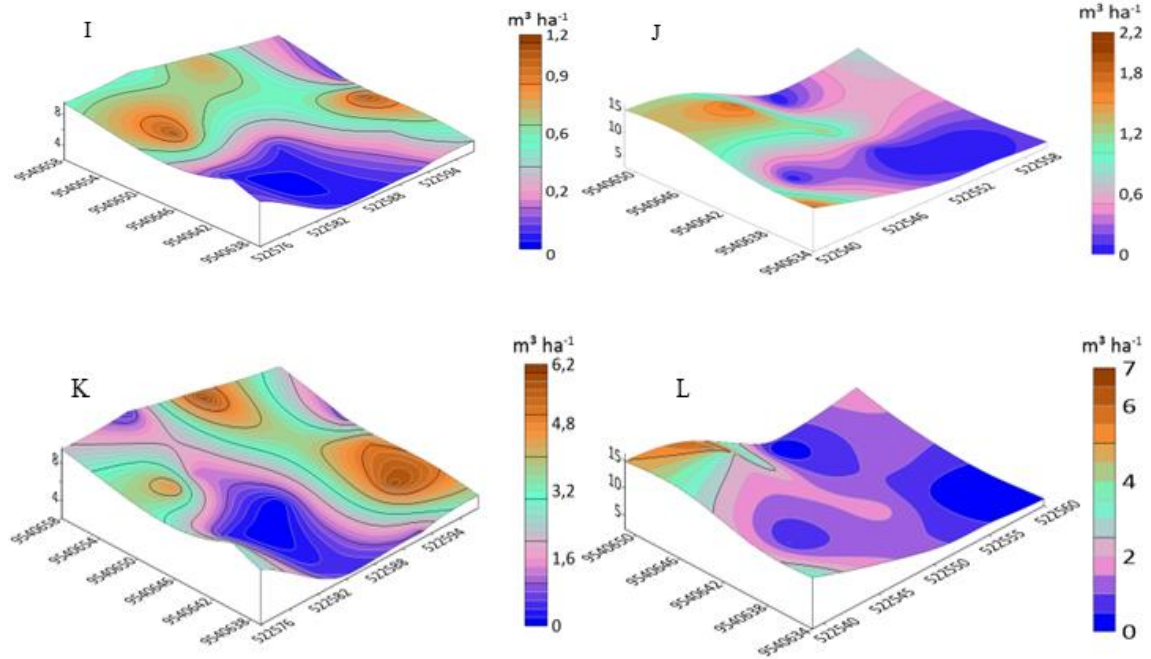


Figura 5. Perda de água no cultivo tradicional e no pousio nos meses de: Janeiro cultivo tradicional (A), Janeiro pousio (B), Fevereiro cultivo tradicional (C), Fevereiro pousio (D), Março cultivo tradicional (E), Março pousio (F), Abril cultivo tradicional (G), Abril pousio (H), Maio cultivo tradicional (I), Maio pousio (J), Total cultivo tradicional (K), Total pousio (L)

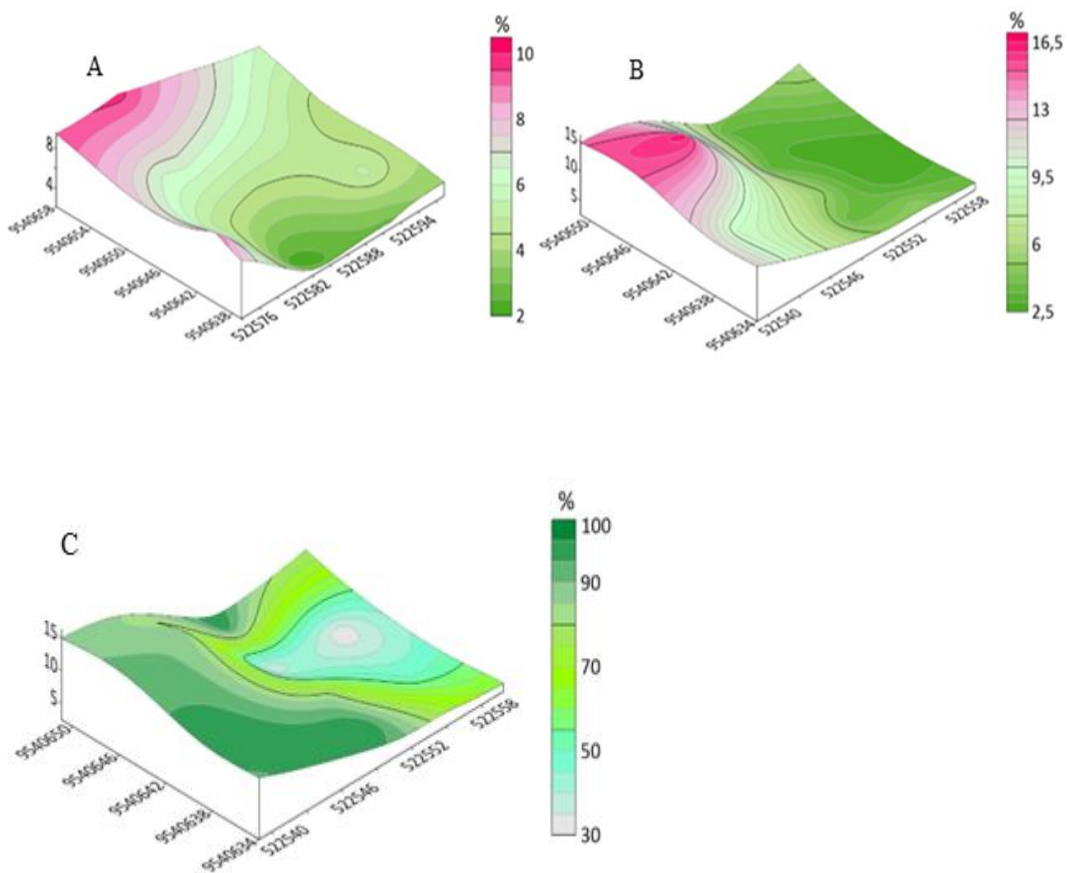


Figura 6. Declividade e cobertura vegetal: Declividade cultivo tradicional (A), Declividade pousio (B), Cobertura pousio (C)

CONCLUSÕES

1. O café sombreado apresentou perda média de água maior que a mata nativa com declividades semelhantes, isso aconteceu por conta da menor cobertura vegetal do café sombreado e por conta da densidade de plantas no café ser menor.
2. Em todas as áreas a perda de água foi maior em maiores declividades.
3. O cultivo tradicional de milho e fava apresentou menor perda de água no mês de maio que no pousio no mesmo mês, isso aconteceu por conta da maior cobertura vegetal no final do período avaliado.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 136-141, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/BkcpWJnK5PTwC9BMgcdHsFd/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 14 jun. 2022.
- RASCHE ALVAREZ, J. W.; PELLEGRINI, A.; KOCHER, M. L.; SCHAEFER, G. L.; CAPOANE, V.; TIECHER, T.; FORNARI, M. R.; RHEINHEIMER DOS SANTOS, D. Erosão hídrica e perda de sedimento, água e nutrientes durante eventos pluviais em duas bacias hidrográficas rurais. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, PY, v. 16, n. 2, p. 113–123, 2015. Disponível em: <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/298>. Acesso em: 14 jun. 2022.
- AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAUJO FILHO, J. A. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 270-278, 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27154/1/API-Perdas-de-solo-agua-e-nutrientes-em-sistemas-agroflorestais-no.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2022
- ASSUMPTÇÃO, H. C. P. **Modelagem geoestatística de variáveis geoquímicas em solos e sedimentos no município de Madre de Deus, BA**. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geoquímica) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2014.
- BAGATINI, T.; COGO, N. P.; GILLES, L.; PORTELA, J. C.; PORTZ, G.; QUEIROZ, H. T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina Grande, v. 35, n. 3, p. 991-1011, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000300034>. Acesso em: 16 jun. 2022
- BARROS, I. de.; PACHECO, E. P.; CARVALHO, H. W. L. de.; CINTRA, F. L. D.; SILVA, J. M. L.; DANTAS, E. do N.; SOARES, T. F. S. N. **Perdas de Solo e Água em Sistemas de Cultivo de Milho no Agreste Sergipano**. 1. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127321/1/BP-90.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2022.
- BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOIL, H.; INAMASU, R. Y.

Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BERTONI, J.; LOMBARDI, F. N. **Conservação do solo.** 10. ed. São Paulo: Cone editora, 2018.

CAMBARDELLA, C.V; MOORMAN, T. B; PARKIN, T. B; KARLEN, D. L; NOVAK, J. M; TURCO, R. F; KONOPKA, A. E. Variabilidade em escala de campo das propriedades do solo em solos centrais de Iowa. **Soil Science Society of America**, [S. l.], v. 58, p.1501-1510, 1994.

CHANG, P. **Modelagem Matemática das Perdas de Água, Solo e Nutrientes em Latossolo Argiloso Sob Sistemas de Uso e Manejo.** 2019. 119 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia de Energia) - Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2019.

CASTRO, M. B.; SECCO, D.; CHANG, P.; SAVIOLI, M. R. Modelagem matemática para predição da perda de água por erosão em um Latossolo argiloso sob sistema plantio direto. **Acta Iguazu**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 13–22, 2021. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/26530>. Acesso em: 20 jun. 2022.

DECHEAN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. FÁTIMA.; MARIA. I. C. Perda e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, [S. l.], v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/nCjy5nDxcp4tDGwhx6CbjHp/?lang=pt#>. Acesso em: 20 jun. 2022.

FARIAS, V, L , da S. **Modelagem da Perda de Fósforo por Erosão Hídrica.** 2016. 74f. Tese (Doutorado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

LANDIM, P. M. B. **Sobre Geoestatística e mapas.** Campinas, SP: Terrae Didatica, 2015.

LEPSCH, I, F. **Formação e conservação dos solos.** 2.ed. São Paulo: Oficina de texto, 2010.

IPECE - **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará.** 2017. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2014/02/TD>. Acesso em: 25 jun de 2022

OLIVEIRA, Z. B.; CARLESSO, R.; MARTINS, J. D.; KNIES, A. E.; DALLA SANTA, C. Perdas de Água por Escoamento Superficial a Partir de Diferentes Intensidades de Chuvas simuladas. **IRRIGA**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 415–425. 2013. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/319>. Acesso em: 5 jul. 2022.

REICHARD, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Manole, p. 357- 426, 2012.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, C. C.; CACOMINE, C. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.

SEO, S. **A Review and Comparison of Methods for Detecting Outliers in Univariate Data Sets.** 2006. 56 f. Dissertação (Master of Science) - Graduate School of Public Health in partial fulfillment, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania, 2006.

VIDALETTI, V. F.; MARINS, A. C.; SECCO, D.; RIZZI, R, L.; CHANG, P. Impact of land cover, slope and precipitation on soil water infiltration. **Research, Society and Development**,

[S. l.], v. 10, n. 17. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24562>. Acesso em: 22 jul. 2022

WARRICK, A. W. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. [S. l.: s. n.], 1980.

ZOLIN, C. Perda de solo e água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9 p. 1223-1230, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900022>. Acesso em: 22 jul. 2022