

RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

DIMENSÃO FRACTAL E ANISOTROPIA DA EMISSÃO DE CO₂ E PROPRIEDADES DO SOLO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

(Parte II)

PROCESSO N. 2010/20364-9

Alan Rodrigo Panosso

Pós-Doutorando

Dr. Newton La Scala Júnior

Supervisor

Sumário (Parte II)

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.5	Variabilidade espacial dos atributos do solo	56
4.6	Análise de correlação linear	64
4.7	Análise de Componentes Principais	66
4.8	Dimensão fractal e anisotropia da emissão de CO ₂ e atributos do solo.....	70
5	CONCLUSÕES	85
6	ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO (DOCÊNCIA).....	86
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

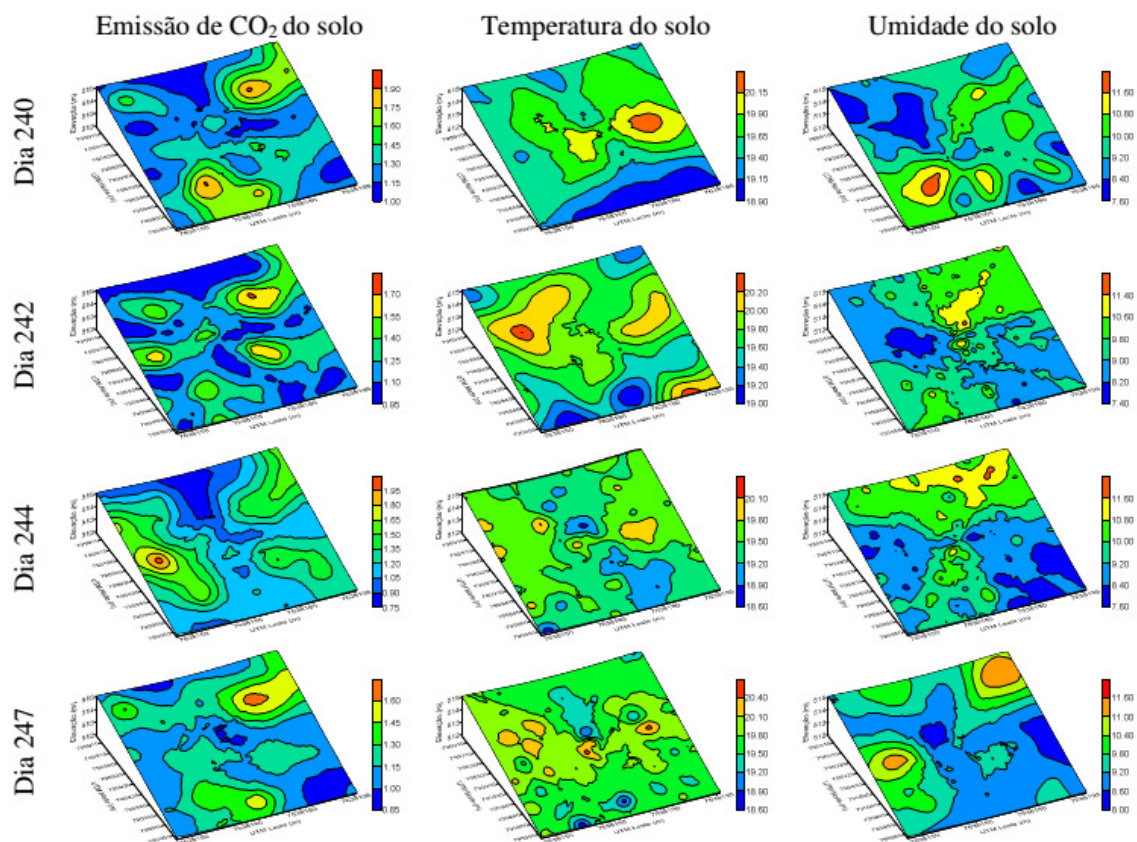


Figura 18. Mapas do padrão espacial da emissão de CO₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade do solo (% volume) nos dias 240, 242, 244 e 247 do experimento de 2012.

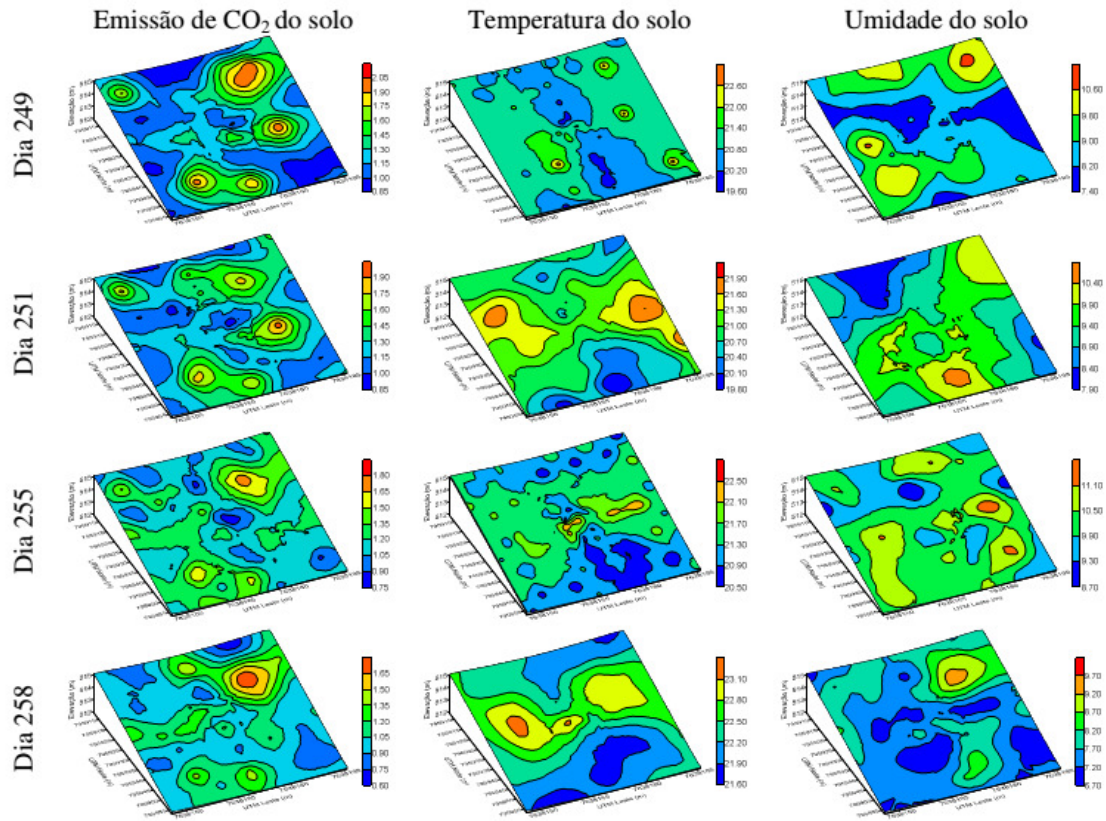


Figura 19. Mapas do padrão espacial da emissão de CO₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade do solo (% volume) nos dias 249, 251, 255 e 258 do experimento de 2012.

4.5 Variabilidade espacial dos atributos do solo

A dependência espacial da média geral de emissão de CO₂, temperatura umidade do solo, juntamente com os atributos do solo, foi avaliada por meio da geoestatística, para os dois experimentos (Tabela 4 e Figuras 20 e 21). Para o ano de 2010, a maioria dos modelos ajustados aos atributos do solo foram esféricos e exponenciais, sendo que o modelo Gaussiano foi ajustado apenas para a Areia. Os atributos Ds, Micro, MO, EstC, SB, CTC e V não apresentaram estrutura de variabilidade espacial para essa área, apresentando efeito pepita puro (Tabela 4). O ajuste do modelo Gaussiano ao semivariograma experimental do teor de areia demonstra que sua distribuição espacial apresentou-se suavemente distribuída no espaço, fato que pode ser justificado pelo baixo valor de seu coeficiente de variação (3,83%) observado na Tabela 2. O mesmo não foi observado para Ts que, apesar de apresentar o menor coeficiente de variação de 1,50%, o modelo esférico foi o que melhor se ajustou ao semivariograma experimental para Ts, de acordo com os critérios da validação cruzada.

Semelhante ao ano de 2010, para o ano de 2012 a maioria dos modelos ajustados aos semivariogramas experimentais dos atributos do solo foram esféricos e exponenciais. O modelo Gaussiano também foi ajustado à Areia, como no ano de 2010, que também apresentou baixo valor de coeficiente de variação (2,92%) de acordo com a Tabela 2. Entretanto, o modelo Gaussiano também foi o mais bem ajustado ao semivariograma experimental da soma de bases do solo (SB), ou seja, embora a alta variabilidade desse atributo, CV igual a 29,29% (Tabela 2), sua distribuição espacial apresentou-se suavemente distribuída no espaço.

No ano de 2010, o grau de dependência espacial foi classificado como moderado ($0,25 < C_0/C_0+C_1 < 0,75$) para a maioria dos atributos do solo (Tabela 4),

somente os atributos granulométricos do solo (Areia, Silte e Argila) apresentaram forte grau de dependência espacial ($C_0/C_0+C_I < 0,25$). Para o ano de 2012, o grau de dependência espacial foi classificado como moderado ($0,25 < C_0/C_0+C_I < 0,75$) para a maioria dos atributos do solo, exceto para o teor de fósforo disponível do solo, que apresentou forte GDE.

Os valores de alcance observados para o ano de 2010 estiveram entre 30 e 36 m para FCO₂, Us e PLA (Tabela 4). Maiores valores de alcance foram observados para Ts (47,5 m) e Areia (55,08 m), indicando maior dependência espacial desses atributos na área, caracterizando, portanto, maior homogeneidade, quando comparados às demais variáveis estudadas. VTP apresentou valor intermediário de alcance de 22,63 m, já os menores valores de alcance observados estiveram entre 6 e 12 m para Macro, Silte, Argila, pH e P, indicando heterogeneidade da distribuição desses atributos no campo, ou seja, menor dependência espacial quando comparados aos demais atributos do solo. Para o ano de 2012, maior valor de alcance de 33,98 m foi verificado para SB. Os atributos FCO₂, Ts, Us, Micro, Areia e V apresentaram alcances entre 20 m e 25 m. MO, EstC, P e CTC apresentaram valores de alcance entre 14 m e 17 m, já os menores valores de alcance foram observados para os demais atributos físicos do solo e para Silte, Argila e pH, os quais apresentaram valores de alcance entre 3 m e 8 m, ou seja, menor dependência espacial, quando comparado aos outros atributos do solo avaliados.

Como discutido anteriormente, os padrões de variabilidade espacial de FCO₂ no ano de 2010, apresentaram uma região de menores valores localizada no sentido de 90° no centro do mapa e na região esquerda superior da área, sendo que não foram observadas semelhanças nos padrões de variabilidade de FCO₂, Ts e Us (Figura 22). Os mapas de padrão espacial de Ts apresentaram menores valores localizados na região esquerda da área, principalmente influenciada pelos dias 204 e 207 (Figura 15). Para Us,

assim como observado anteriormente, os menores valores estiveram ao longo da região central da área experimental, no sentido da declividade do terreno (90°), como apresentado nas Figuras 14 e 15. Para aqueles atributos que apresentaram estrutura de variabilidade espacial, maior continuidade foi observada no padrão espacial de FCO₂, Ts, Us, PLA, VTP e Areia, de acordo com os maiores valores de alcance desses atributos apresentados na Tabela 4. De maneira geral, o padrão espacial de FCO₂ foi semelhante àqueles dos atributos físicos do solo, quando comparados aos padrões dos atributos granulométricos e químicos.

A Figura 23 apresenta os mapas de padrão espacial dos atributos estudados para o ano de 2012. O padrão espacial da média geral de FCO₂, como anteriormente discutido, apresentou os menores valores de emissão localizados na região superior da área e na região direita inferior, semelhante aos mapas apresentados nas Figuras 18 e 19. Maior continuidade espacial foi observada para FCO₂, Ts, Us, MO, EstC, P e SB. Foram observadas semelhanças entre os mapas de padrão espacial de FCO₂ e os atributos Us e EstC, principalmente. Assim, os resultados sugerem que a variabilidade espacial de FCO₂ foi dependente da variabilidade espacial dos demais atributos do solo. LINN & DORAN (1984) observaram que a atividade microbiológica e as emissões de CO₂ e N₂O foram intensificadas em condições próximas a 60% de preenchimento dos poros por água. Entretanto a atividade microbiana aeróbica diminuía com valores acima de 60% como resultado da aeração reduzida.

Tabela 4. Modelos e estimativas dos parâmetros ajustados aos semivariogramas experimentais para os atributos do solo nos experimentos de 2010 e 2012.

Atributo	Ano de 2010							Ano de 2012						
	Modelo	C_0	C_0+C_I	a (m)	SQR	r^2	GDE	Modelo	C_0	C_0+C_I	a (m)	SQR	r^2	GDE
FCO2	Esf	0,11	0,27	34,60	2,83E-04	0,98	0,40	Esf	0,08	0,17	22,38	2,81E-04	0,96	0,48
Ts	Esf	0,05	0,13	47,50	6,16E-03	0,65	0,41	Exp	0,06	0,16	22,80	1,19E-03	0,74	0,39
Us	Exp	2,47	6,55	32,04	2,90E+00	0,81	0,38	Esf	0,40	0,80	24,80	9,12E-03	0,94	0,50
Ds	EPP	0,02	0,02	---	---	---	1,00	Esf	0,003	0,011	3,34	3,39E-06	0,90	0,25
PLA	Exp	12,65	25,31	35,70	1,25E+01	0,90	0,50	Esf	8,79	17,59	4,20	1,31E+01	0,72	0,50
VTP	Esf	11,63	17,11	22,63	5,08E+00	0,84	0,68	Esf	7,70	17,55	3,99	1,41E+01	0,78	0,44
Macro	Esf	13,92	22,95	6,73	3,50E+01	0,61	0,61	Esf	15,68	33,89	3,43	8,89E+01	0,60	0,46
Micro	EPP	6,79	6,79	---	---	---	1,00	Exp	2,91	5,82	21,90	1,66E+00	0,78	0,50
Areia	Gau	54,60	281,20	55,08	3,58E+03	0,94	0,19	Gau	0,31	1,11	20,87	6,03E-02	0,95	0,28
Silte	Exp	80,00	473,50	11,58	3,86E+04	0,73	0,17	Esf	2,27	3,69	6,27	8,51E-01	0,59	0,62
Argila	Exp	33,00	465,10	6,54	3,52E+04	0,67	0,07	Esf	2,06	4,13	7,79	4,56E-01	0,84	0,50
pH	Esf	0,02	0,04	11,24	2,60E-04	0,50	0,45	Esf	0,05	0,10	5,9	4,80E-04	0,72	0,50
MO	EPP	24,65	24,65	---	---	---	1,00	Esf	7,89	13,55	15,18	6,24E+00	0,80	0,58
EstC	EPP	31569,00	31569,00	---	---	---	1,00	Esf	8890,90	16190,00	14,36	1,18E-07	0,72	0,55
P	Esf	5,07	18,74	6,42	6,40E+01	0,64	0,27	Esf	23,82	170,60	16,10	2,18E+03	0,84	0,14
SB	EPP	38,40	38,40	---	---	---	1,00	Gau	133,10	266,70	33,98	3,50E+03	0,86	0,50
CTC	EPP	29,60	29,60	---	---	---	1,00	Exp	41,50	106,10	14,67	5,11E+01	0,98	0,39
V	EPP	23,25	23,25	---	---	---	1,00	Exp	53,90	107,90	22,14	2,55E+02	0,83	0,50

* média geral dos dias avaliados; *GDE* grau de dependência espacial = $C_0/(C_0+C_I)$, forte para valores menores que 0,25; moderado para valores entre 0,25 e 0,75; fraco para valores maiores que 0,75 (CAMBARDELLA et al., 1994); *SQR* soma de quadrados do resíduo; *Exp* exponencial; *Esf* esférico; *EPP* = efeito pepita puro; *Gau* Gaussiano. *FCO2* emissão de CO₂ do solo; *Ts* temperatura do solo; *Us* umidade do solo; *Ds* densidade do solo; *PLA* porosidade livre de água; *VTP* volume total de poros; *Macro* macroporosidade; *Micro* microporosidade; *Areia* teor de areia; *Silte* teor de silte; *Argila* teor de argila; *MO* teor de matéria orgânica; *EstC* estoque de carbono; *P* fósforo disponível; *SB* soma de bases; *CTC* capacidade de troca de cátions; *V* saturação por bases.

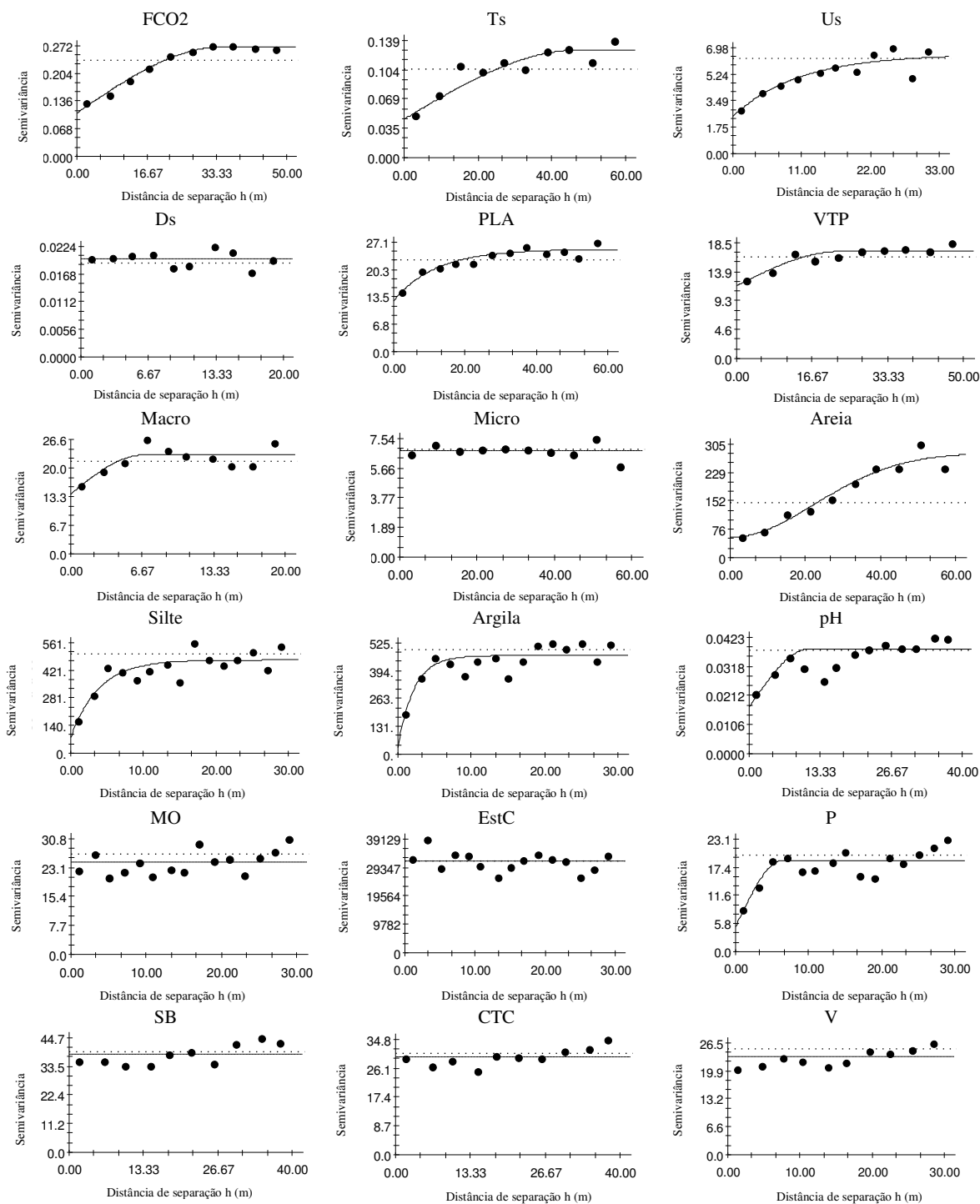


Figura 20. Modelos ajustados e semivariogramas experimentais dos atributos do solo estudados no ano de 2010.

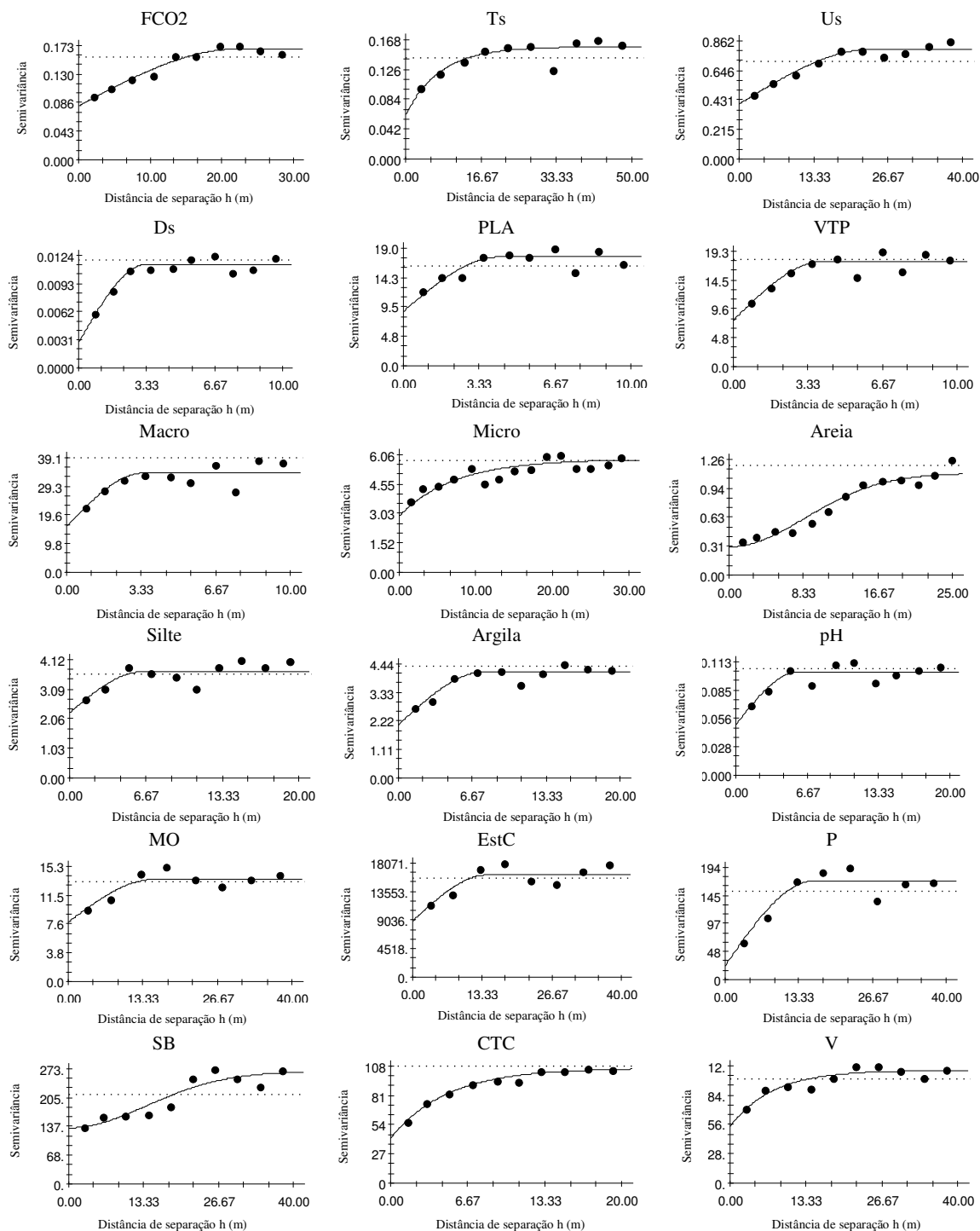


Figura 21. Modelos ajustados e semivariogramas experimentais dos atributos do solo estudados no ano de 2012.

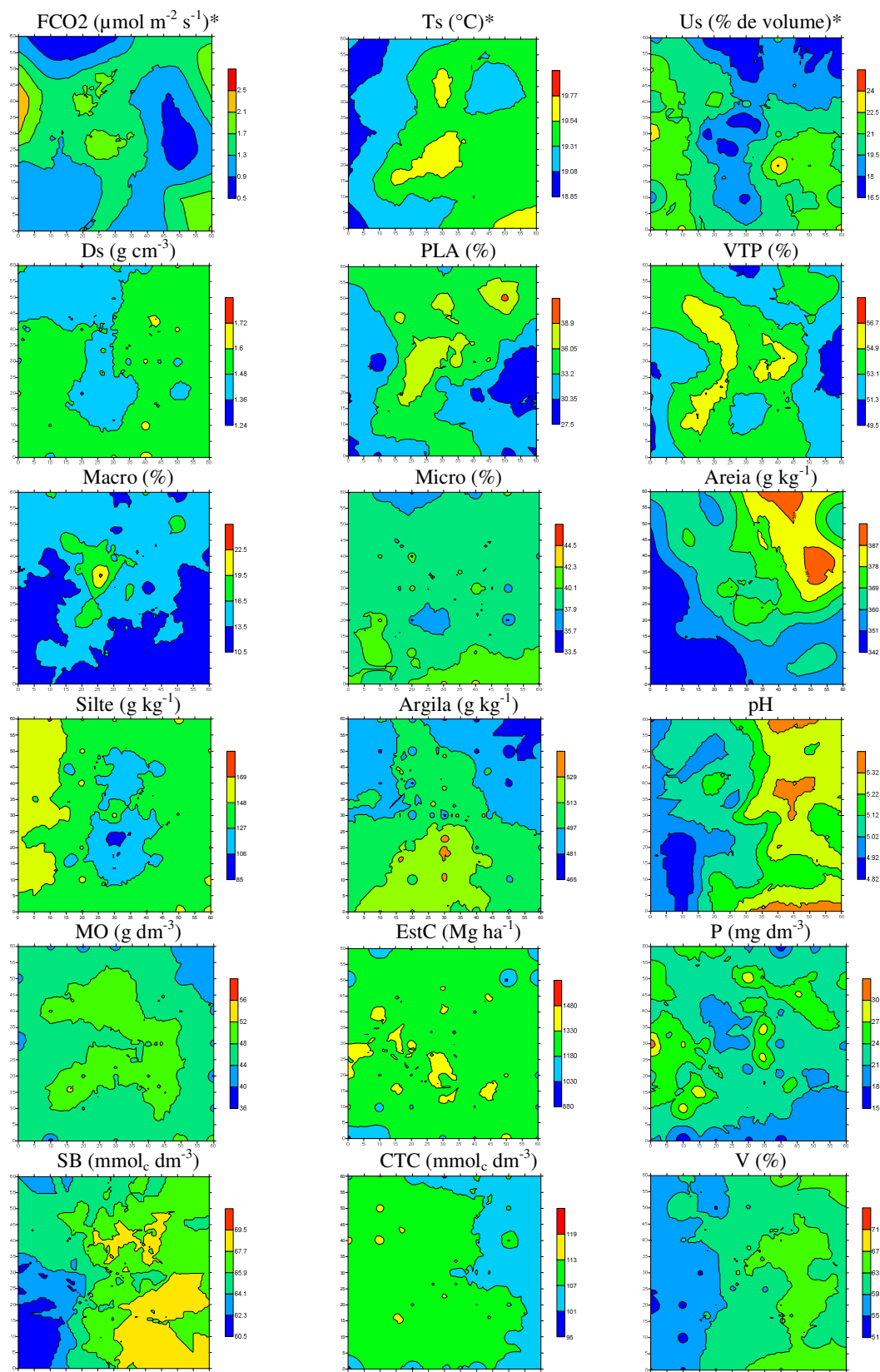


Figura 22. Mapas do padrão espacial dos atributos do solo para o ano de 2010.

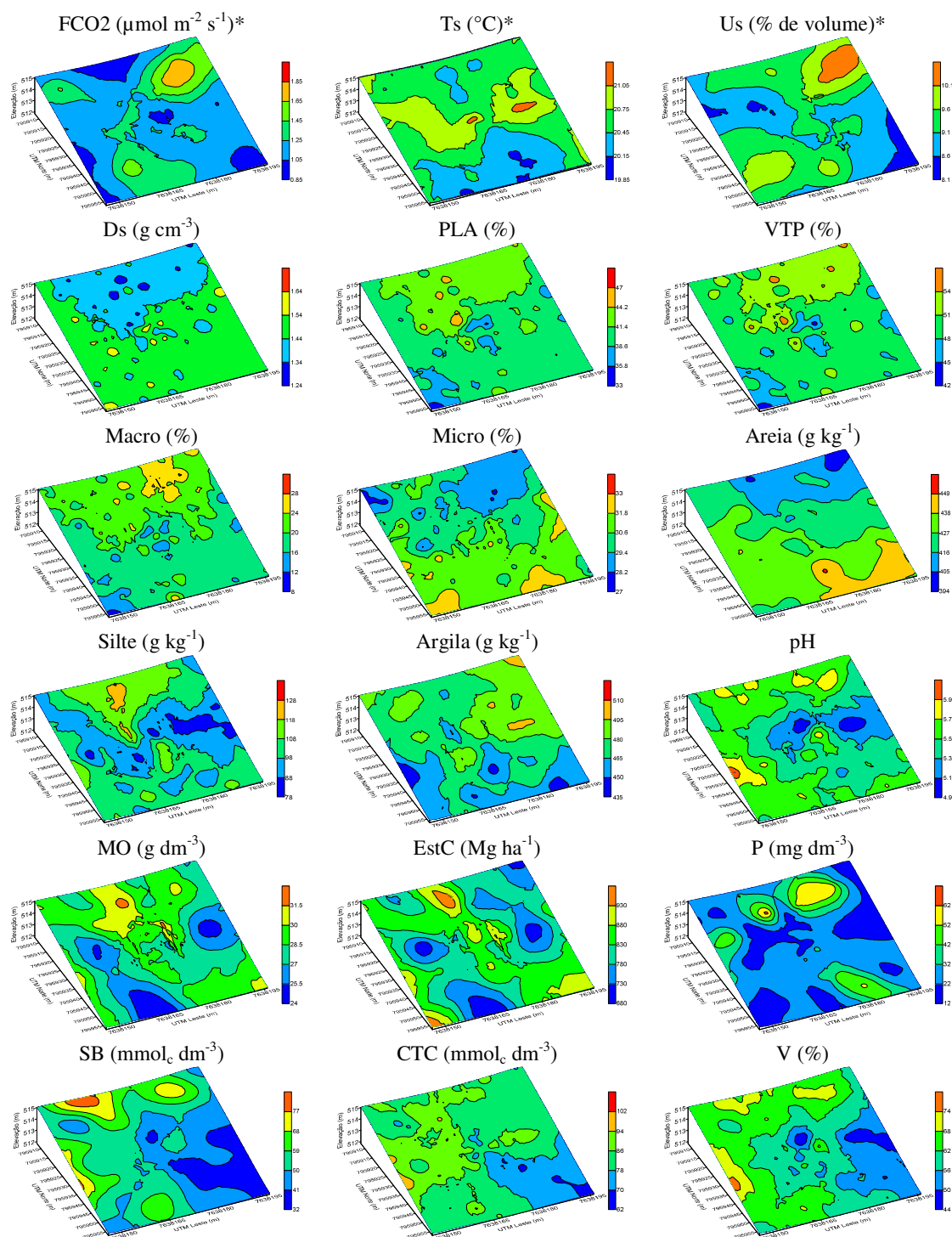


Figura 23. Mapas do padrão espacial dos atributos do solo para o ano de 2012.

4.6 Análise de correlação linear

Os coeficientes de correlação linear entre a média de FCO₂ dos dias estudados, em cada ano, e os atributos do solo foram significativos ($p < 0,05$) para aqueles relacionados à porosidade do solo (Tabela 5), em ambos os experimentos. Os atributos Ds e microporosidade apresentaram correlação negativa, enquanto a macroporosidade e a porosidade livre de água (PLA) correlacionaram-se positivamente com FCO₂. Correlações negativas entre FCO₂ e Ds têm sido observadas em vários estudos, sugerindo a importância da porosidade do solo para a atividade microbiana (XU & QI, 2001; EPRON et al., 2006; PANOSSO et al., 2012). Correlações positivas entre FCO₂ e as variáveis macroporosidade e PLA indicam que quando o volume de poros do solo ocupado por água é alto, ou seja, quando os valores de PLA são baixos, a atividade microbiológica é prejudicada devido à limitação de oxigênio no perfil do solo e, consequentemente, FCO₂ diminui (FANG & MONCRIEFF, 1999).

Foi observado índice de correlação positivo e significativo entre FCO₂ e VTP apenas para o experimento de 2012 (Tabela 5). Além disso, para esse ano, FCO₂ apresentou correlação positiva com Us. Em solo de floresta na Guiana Francesa, foram observados coeficientes de correlação negativos e significativos entre a respiração do solo e as variáveis Us e pH, e positivos com Ts e carbono do solo (EPRON et al., 2006). Essa relação positiva entre FCO₂ e Ts é, provavelmente, devida ao aumento da atividade dos microrganismos presentes no solo com o aumento da temperatura (LLOYD & TAYLOR, 1994; EPRON et al., 1999; BURTON & PREGITZER, 2003; EPRON et al., 2006; RYU et al., 2009). Na região de Jaboticabal, SP, em área de cana-de-açúcar, FCO₂ apresentou correlação significativa com Ts (0,59) e Us (-0,53), no sistema cana queimada, já em área com colheita mecanizada, não foram observadas correlações significativas entre esses atributos e FCO₂ (PANOSSO et al., 2008).

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear entre a emissão de CO₂, temperatura, umidade e atributos químicos e físicos do solo.

Atributo	Experimento de 2010	Experimento de 2012
Ts	0,04	-0,16
Us	-0,05	0,50*
Ds	-0,32*	-0,50*
Macro	0,21*	0,49*
Micro	-0,18*	-0,38*
VTP	0,12	0,47*
PLA	0,18*	0,38*
Areia	0,01	-0,06
Silte	-0,09	0,01
Argila	0,05	0,04
MO	0,11	0,01
EstC	0,07	-0,28*
pH	-0,11	-0,05
P	-0,01	0,07
SB	0,04	-0,08
CTC	0,15	-0,16
V	-0,04	0,03

* Valores significativos do coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$). *Ts* temperatura do solo; *Us* umidade do solo; *Ds* densidade do solo; *PLA* porosidade livre de água; *VTP* volume total de poros; *Macro* macroporosidade; *Micro* microporosidade; *Areia* teor de areia; *Silte* teor de silte; *Argila* teor de argila; *MO* teor de matéria orgânica; *EstC* estoque de carbono; *P* fósforo disponível; *SB* soma de bases; *CTC* capacidade de troca de cátions; *V* saturação por bases.

Por outro lado, em estudo realizado na mesma região, com solo e condições climáticas semelhantes, a correlação entre o fluxo de CO₂ do solo e Ts foi não significativa, indicando que esta variável sozinha não é capaz de responder pelas mudanças que ocorreram em FCO₂ (LA SCALA JR et al., 2003). Já em solo sem cobertura vegetal, a CTC e o carbono total correlacionaram-se positivamente com FCO₂, ao contrário dos teores de óxido de ferro livre da fração argila do solo, que apresentou uma correlação negativa com FCO₂ (LA SCALA et al., 2000a), sugerindo uma relação mais complexa entre os minerais de argila e a atividade microbiológica do solo, já que a argila pode promover uma proteção física ao adsorver moléculas orgânicas em sua superfície, protegendo o carbono orgânico da ação microbiana e

impedindo a mineralização da matéria orgânica do solo (DOMINY et al., 2002). Entretanto, em nossos estudos não foram encontrados índices de correlação significativos entre FCO₂ e os atributos granulométricos do solo (Areia, Silte e Argila). Em estudo recente sobre a variabilidade especial da emissão de CO₂ do solo e sua relação com os atributos do solo, em áreas de rotação de culturas no Canadá, ALLAIRE et al. (2012) observaram coeficientes de correlação significativos entre FCO₂ e os atributos em diferentes escalas de estudo. Diferente do observado no presente estudo, os autores verificaram uma correlação negativa entre FCO₂ e a PLA, na grande escala de estudo.

4.7 Análise de Componentes Principais

A estrutura multivariada contida no conjunto inicial de dados foi avaliada pela análise de componentes principais (Tabela 6). No ano de 2010, foram considerados os dois primeiros componentes principais, CP1 e CP2, cujos autovalores foram superiores à unidade (KAISER, 1958), os quais conseguiram reter, em conjunto, 56,7% da variabilidade dos atributos do solo. O primeiro componente principal, CP1, explicou 34,3% da variância total dos atributos do solo, enquanto 22,4% foram explicados por CP2. Para o ano de 2012, foram considerados os três primeiros componentes principais, CP1, CP2 e CP3, cujos autovalores foram superiores a um. No ano de 2012, 36,5% da variabilidade total foi explicada por CP1, 27,4% por CP2 e 16,6% por CP3, totalizando 80,5% da variabilidade contida nos dados originais.

Tabela 6. Coeficientes de correlação entre os atributos do solo e os componentes principais, para os experimentos de 2010 e 2012.

Componentes principais	Experimento de 2010		Experimento de 2012		
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP3
Autovalores	2,4	1,6	2,6	1,9	1,1
Variância explicada (%)	34,3	22,4	36,5	27,4	16,6
	Correlações ^a				
FCO2	-0,64*	0,36	0,76*	-0,21	0,08
Ds	0,68*	-0,52	-0,84*	0,33	0,16
VTP	-0,45	0,43	0,84*	-0,35	-0,21
Silte	0,64*	0,48	0,42	0,79*	-0,33
Argila	-0,65*	-0,60*	-0,24	-0,87*	0,30
pH	0,68*	0,19	0,20	0,43	0,71*
P	0,08	-0,56*	0,52*	0,19	0,60*

^a Correlações precedidas por asterisco (>0,50 em valor absoluto) foram consideradas na interpretação do componente principal;

Cada par de componentes principais gerou uma representação bidimensional do espaço amostral original, denominado biplot, onde foi possível explicar a estrutura de variáveis direcionando feixes de variáveis nas regiões de máxima variabilidade (Figuras 12 e 13). Para o ano de 2010 (Figura 12) indica que, apesar da dispersão dos pontos amostrais ao longo da CP1, pode-se visualizar tendência de separação de alguns pontos da direção de 0° (sentido da linha de plantio da cultura), posicionados no primeiro quadrante da Figura 12. Os atributos Silte e pH foram os responsáveis por essa tendência de separação, localizadas à direita de PC1 (correlação positiva - Tabela 6). Por outro lado, os atributos FCO2 e Argila localizaram-se à esquerda de PC1 (correlação negativa), podendo ser consideradas antagonistas aos pontos localizados na direção de 0°. Os atributos pH (0,68), Ds (0,68), Argila (-0,65), FCO2 (-0,64) e Silte (0,64), nessa ordem, foram os que apresentaram poder discriminatório em CP1; os atributos Argila (-0,60) e P (-0,56) em CP2. O VTP não apresentou correlações com as componentes principais superiores a 0,5 em valor absoluto, portanto, não foi considerado na interpretação dos resultados para o ano de 2010.

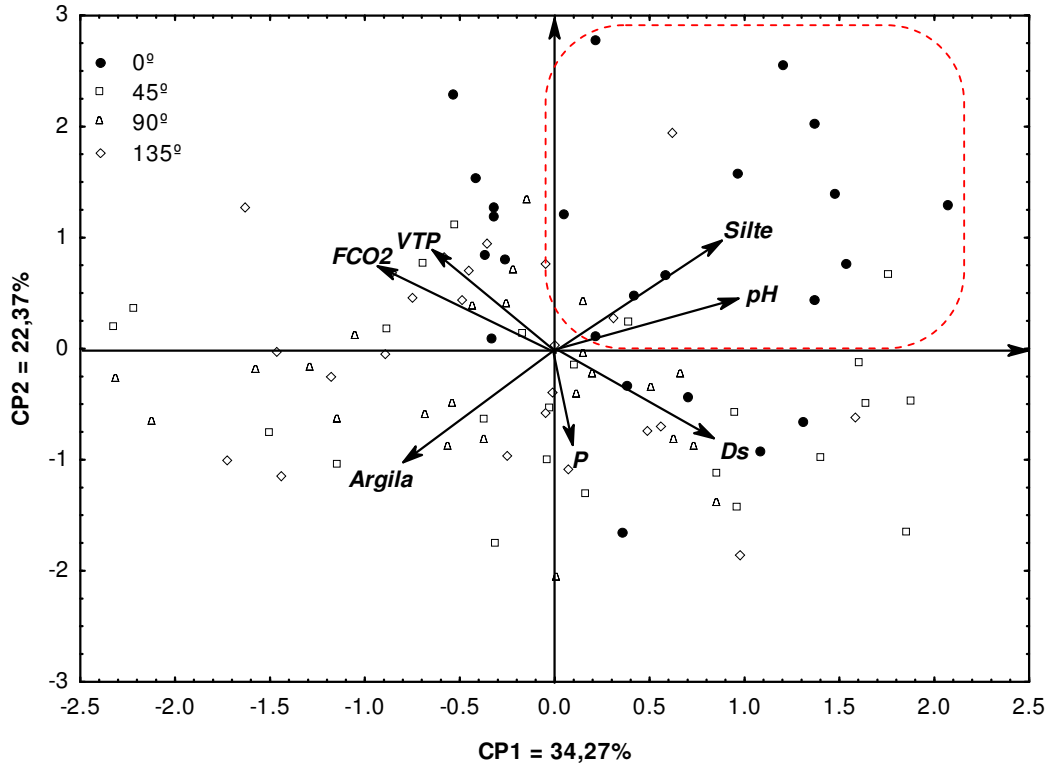


Figura 12. Representação bidimensional dos componentes principais 1 e 2 (biplot) da análise de componentes principais para o experimento de 2010. *FCO2* emissão de CO₂ média do solo; *Ds* densidade do solo; *VTP* volume total de poros; *Silte* teor de silte; *Argila* teor de argila; *P* fósforo disponível.

Para o ano de 2012 o biplot (Figura 13) também apresentou dispersão dos pontos amostrais ao longo da CP1, semelhante ao ocorrido em 2010, sendo possível a visualização de uma tendência de separação de alguns pontos da direção de 0°, posicionados no terceiro quadrante da Figura 13. Os atributos VTP (0,84), Ds (-0,84), FCO2 (0,76) e P (0,52) foram os que apresentaram poder discriminatório em CP1; os atributos Argila (-0,87) e Silte (0,79) em CP2 e os atributos pH (0,71) e P (0,60) em CP3. Assim, a Ds foi principal responsável pela discriminação desses pontos ao longo de CP1 (correlação negativa), FCO2 e VTP, podem ser considerados antagonistas aos pontos do 0°. Além disso, a discriminação em CP2 é devida ao efeito de Argila (correlação negativa), com o Silte (correlação positiva) como antagonista aos pontos da direção de 0°.

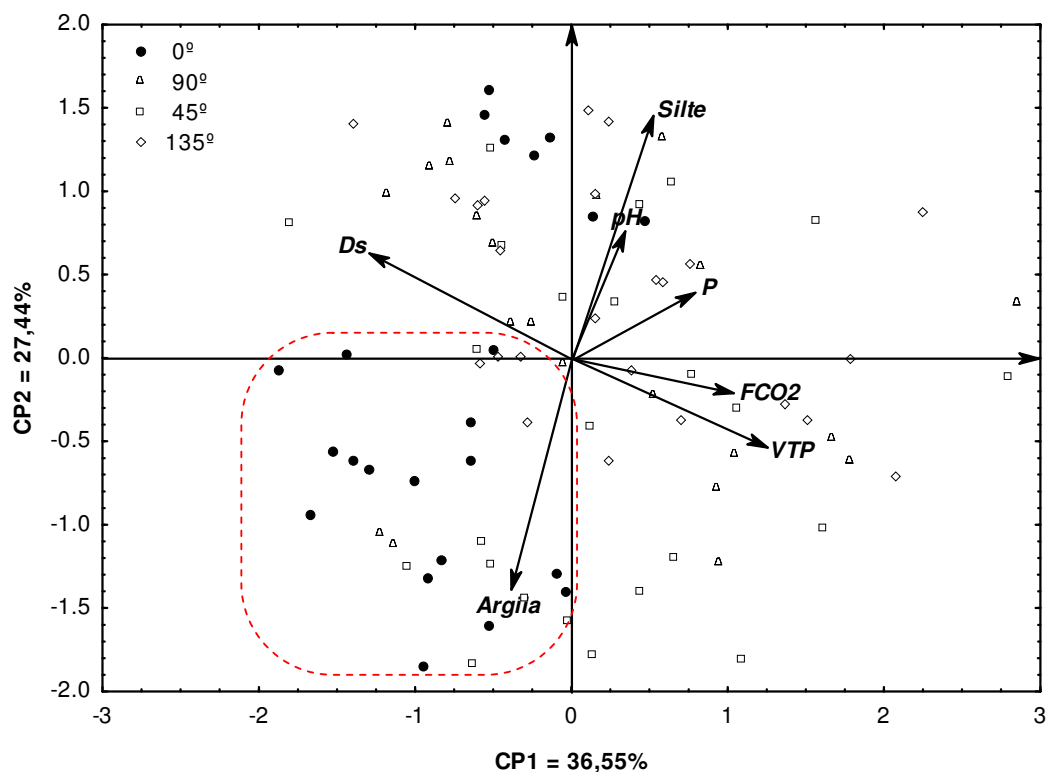


Figura 123. Representação bidimensional dos componentes principais 1 e 2 (biplot) da análise de componentes principais para o experimento de 2012. *FCO2* emissão de CO₂ média do solo; *Ds* densidade do solo; *VTP* volume total de poros; *Silte* teor de silte; *Argila* teor de argila; *P* fósforo disponível.

Estudando a variabilidade espacial da respiração do solo em floresta de coníferas, Colorado, EUA, SCOTT-DENTON et al. (2003), utilizaram a análise de componentes principais e encontraram seis componentes independentes, os quais explicaram 74% da variância total dos dados, em que a primeira componente principal foi especialmente relacionada às variáveis ligadas ao carbono do solo. No presente estudo, em áreas de cana crua, as primeiras componentes principais foram relacionadas, principalmente, à *Ds* e à *FCO2*. GIUFFRÉ et al. (2006), utilizaram a análise multivariada de dados com o objetivo de discriminar os indicadores de qualidade do solo em áreas sob plantio direto em estudo realizado no Pampa argentino. Os autores observaram que as principais variáveis selecionadas pela análise de componentes principais foram: o teor de carbono orgânico total, o estoque de carbono nas camadas

superficiais do solo, a taxa de respiração do solo e o pH. Além disso, esses autores concluíram que a técnica multivariada empregada foi importante para determinação da sensibilidade destes atributos à mudanças de uso da terra. FIENER et al. (2012), investigando a variabilidade espacial da emissão de CO_2 do solo e atributos correlacionados, observaram que CP1 agrupou as variáveis: fluxo de CO_2 , umidade do solo, carbono orgânico, nitrogênio e relação C/N, por outro lado, CP2 agrupou a densidade do solo e variáveis relacionadas a erosão. GRAF et al. (2012) utilizando a análise de componentes principais para extração dos padrões mais importantes da variabilidade espaçotemporal da respiração CO_2 de solos sem vegetação, observaram que na escala espacial a respiração do solo foi relacionada com a umidade e atributos físicos do solo, por outro lado a temperatura do solo foi o fator mais importante referente à variação temporal de FCO_2 . Os resultados do presente estudo, considerando os dois anos experimentais, corroboram a relação direta de FCO_2 aos atributos físicos do solo, positiva com D_s e negativa com o VTP, entretanto, atributos como o teor de matéria orgânica do solo, capacidade de troca de cátions e o estoque de carbono do solo não foram relevantes na análise de componentes principais.

4.8 Dimensão fractal e anisotropia da emissão de CO_2 e atributos do solo

Para a caracterização inicial da anisotropia dos atributos do solo estudados, foi realizada a análise de variância com um único fator (direções), sendo as diferenças significativas entre suas médias, comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 7). Anteriormente à análise de variância, as pressuposições da homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos foram verificadas pelos testes de homogeneidade de Brown-Forsythe (BF) e de normalidade de Anderson-Darling (AD), respectivamente. A condição de homogeneidade das variâncias foi

satisfeita para todas as variáveis, com exceção da MO no ano de 2010, quando o valor da estatística F do teste de BF foi significativo ao nível de 5% de probabilidade. A condição de normalidade dos resíduos também foi satisfeita para a maioria das variáveis estudadas, com exceção dos atributos Areia, Silte e Argila, no ano de 2012. Para a correção da distribuição dos resíduos desses atributos, foram aplicadas transformações aos dados originais anteriormente à condução da análise de variância.

Para os dois anos avaliados, os menores valores de média de FCO₂ foram observados para a direção de 0°, entretanto, os valores dos testes F das análises de variância (F_{ANOVA}) não foram significativos ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$). Para o ano de 2010, a emissão média da direção de 0° foi de $1,58 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, para as direções de 90° e 135° a média de FCO₂ foi de $1,60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e para a direção de 45° a média foi igual a $1,61 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A mesma tendência foi observada no ano de 2012, onde o menor valor de emissão de CO₂ foi observado na direção de 0°, com valor de $1,10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, seguidos das direções de 90° e 45° como o valor de $1,44 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e maior valor de média observado na direção de 45°, igual a $1,49 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Em estudo recente realizado em áreas de cana crua, PANOSSO (2012) observaram valores de FCO₂ estatisticamente inferiores na direção de 0° (linha do plantio da cultura), onde que mesmo após os eventos de precipitações, a direção de 0° continuou apresentando os menores valores de FCO₂. De acordo com os autores, os menores valores de FCO₂ observados no sentido da linha da cultura podem ser atribuídos aos menores valores de PLA observados para essa mesma direção, sendo esse fato relacionado aos maiores valores de umidade do solo observados na direção de 0°, quando comparado às outras direções, na profundidade de 0,0 a 0,1 m.

Para o ano de 2010, as médias de Ts, Us não apresentaram diferenças significativas para as direções estudadas (Tabela 7). O mesmo padrão não foi observado

para o ano de 2012, em que as direções de 0° e 135° apresentaram menores valores de Us quando comparadas à direção de 45°. Já a Ts apresentou menor valor para a direção de 90° e maior valor médio para a direção de 0°. PANOSSO (2012) observaram valores significativamente maiores para Us na direção 0°, para Ts, no entanto, não encontrou diferença significativa ao analisar as diferentes direções. Para o ano de 2010, a maioria dos atributos do solo não apresentou diferenças significativas quanto às direções, como exceção de Silte, Argila, pH, P e CTC. A direção de 0° apresentou os maiores valores de Silte, pH, e os menores valores de Argila, P e CTC. Para o ano de 2012, foram observadas diferenças significativas para as médias das direções na maioria dos atributos do solo, com exceção de Micro, pH, P e V. A direção de 0° foi aquela que apresentou o maior valor de Ds e os menores valores de PLA, VTP, Macro, Silte e MO, principalmente. PANOSSO (2012) observaram que os atributos do solo que apresentaram diferenças entre as médias das direções foram: Us, Ds, VTP, PLA, Argila, Silte, pH, EstC e CTC. Os atributos que não apresentaram diferenças quanto às direções foram: Ts, Areia, MO e SB.

Tabela 7. Médias dos atributos do solo e análise de variância com um único fator (direções de estudo) para os anos de 2010 e 2012.

Atributos	Experimento de 2010										Experimento de 2012													
	Ângulos								F_{anova}	CV	F_{BF}	p_{AD}	Ângulos								F_{anova}	CV	F_{BF}	p_{AD}
	0°		45°		90°		135°						0°		45°		90°		135°					
FCO2 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ^a	1.58	a	1.61	a	1.60	a	1.60	a	0.01 ns	46	0.55 ns	>0.25	1.10	a	1.49	a	1.44	a	1.44	a	2.47 ns	46	1.00 ns	0.093
Ts (°C) ^a	19.49	a	19.48	a	19.54	a	19.48	a	0.14 ns	2	0.74 ns	>0.25	20.99	a	20.64	b	20.27	c	20.44	bc	13.58 **	2	0.64 ns	>0.25
Us (% de volume) ^a	19.09	a	18.43	a	18.98	a	19.82	a	1.44 ns	12	1.98 ns	>0.25	9.04	b	10.05	a	9.60	ab	9.03	b	10.40 **	8	1.891 ns	>0.25
Ds (g cm ⁻³)	1.46	a	1.53	a	1.44	a	1.47	a	1.68 ns	9	0.08 ns	>0.25	1.52	a	1.42	b	1.43	b	1.42	b	5.69 **	7	1.84 ns	0.052
PLA (%)	34.38	a	35.05	a	34.09	a	35.65	a	0.46 ns	14	2.02 ns	>0.25	38.29	b	41.19	ab	39.97	ab	41.60	a	2.28 **	10	0.62 ns	>0.25
VTP (%)	54.59	a	53.48	a	53.08	a	56.05	a	2.32 ns	8	0.92 ns	>0.25	47.30	b	51.25	a	49.50	ab	50.58	ab	3.81 **	9	1.13 ns	>0.25
Macro (%)	15.27	a	14.78	a	14.65	a	16.90	a	0.99 ns	33	0.50 ns	>0.25	17.22	b	22.50	a	19.41	ab	21.00	ab	2.98 *	32	1.36 ns	>0.25
Micro (%)	38.91	a	39.24	a	38.43	a	39.15	a	0.53 ns	6	1.19 ns	>0.25	30.09	a	28.58	a	30.05	a	29.71	a	1.46 ns	6	1.53 ns	>0.25
Areia (g kg ⁻¹)	367.87	a	367.90	a	365.66	a	364.47	a	0.46 ns	3	0.97 ns	>0.25	429.57	a	420.83	b	427.73	ab	426.25	ab	2.90 *	3	2.25 ns	0.0093
Silte (g kg ⁻¹)	132.84	a	116.85	b	110.60	b	116.25	b	10.55 **	12	2.18 ns	>0.25	86.96	c	93.75	bc	105.00	ab	108.33	a	6.62 **	19	1.59 ns	0.0050
Argila (g kg ⁻¹)	502.55	b	515.25	a	523.74	a	519.28	a	7.65 **	3	0.43 ns	>0.25	483.48	a	485.42	a	467.27	b	465.42	b	7.20 **	4	1.61 ns	0.0050
pH	5.23	a	5.11	ab	5.05	b	5.04	b	5.18 **	4	2.12 ns	0.20	5.33	a	5.37	a	5.40	a	5.41	a	0.31 ns	6	1.06 ns	>0.25
MO (g dm ⁻³)	47.06	a	50.63	a	49.05	a	49.83	a	2.21 ns	10	2.91 *	>0.25	26.27	b	29.46	ab	31.79	a	30.43	a	6.84 **	14	0.25 ns	0.1056
EstC (Mg ha ⁻¹)	1247.49	a	1344.54	a	1336.19	a	1271.91	a	1.71 ns	14	0.26 ns	0.19	797.77	b	821.10	b	941.15	a	847.77	b	6.25 **	13	0.19 ns	0.1381
P (mg dm ⁻³)	22.71	b	26.33	a	23.33	b	24.04	ab	4.06 **	16	0.26 ns	>0.25	21.35	a	25.68	a	24.14	a	23.30	a	0.81 ns	41	1.25 ns	>0.25
SB (mmol _c dm ⁻³)	65.01	a	65.48	a	67.56	a	67.12	a	0.89 ns	10	1.23 ns	0.051	48.80	a	43.29	ab	49.24	a	41.02	b	3.83 *	22	0.45 ns	>0.25
CTC (mmol _c dm ⁻³)	106.25	b	109.75	ab	110.31	a	111.63	a	4.89 **	5	2.10 ns	>0.25	87.06	a	77.29	bc	81.56	ab	74.52	c	9.67 **	11	2.13 ns	>0.25
V (%)	61.21	a	61.13	a	61.27	a	60.67	a	0.07 ns	8	0.90 ns	0.24	56.27	a	56.87	a	59.93	a	54.71	a	1.09 ns	17	0.73 ns	>0.25

^a média geral dos dias avaliados; F_{anova} valor da estatística F da análise de variância; F_{BF} valor da estatística F do teste de homocedasticidade de Brown-Forsythe. *ns* não significativo; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade. CV coeficiente de variação da análise de variância; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

p_{AD} valor de probabilidade associado ao teste de normalidade de Anderson-Darling aplicado aos resíduos.

A partir dos semivariogramas experimentais anisotrópicos, foi calculada a dimensão fractal ($\log(\gamma) \times \log(h)$) de FCO₂ para as direções 0°, 45°, 90° e 135°. Sabe-se que D_F não é uma função constante da escala e que seu padrão de variação espacial pode não se repetir de uma escala para outra (PALMER, 1988). Por meio dos fractogramas apresentados nas Figuras 26 e 27, para o ano de 2010, foi possível observar que, de forma geral, todas as direções apresentaram valores de D_F não significativos ($D_F \geq 3$) na pequena escala (de 5 a 10 m), tendência geral de diminuição dos valores de D_F com o aumento da escala e comportamento distinto dos fractogramas para cada direção. Apesar dos resultados da análise de variância para as diferentes direções terem evidenciado comportamento isotrópico da média geral de FCO₂ na área, é possível observar uma maior estrutura de variabilidade temporal dessa variável na direção 0°, a qual representa o sentido da linha de plantio da cultura. Nessa direção, foram observados os menores valores de D_F ao longo dos dias, principalmente na média e longa escalas, caracterizando maior dependência espacial acima de 20 m (Figuras 26 e 27).

Os fractogramas para o ano de 2012 (Figuras 28 e 29) apresentaram comportamento diferente daqueles observados para o ano 2010. De maneira geral foi observado menores valores de D_F , significativos ($D_F < 3$) na pequena escala (de 5 a 20 m), com tendência de aumento dos valores de D_F com o aumento da escala. Tal efeito mostrou-se mais evidenciado nas direções de 0° (Figura 28) e 135° (Figura 29). A direção de 45° foi aquela que apresentou menor variabilidade dos valores de D_F ao longo do período estudo, com valores próximos a 3. De forma semelhante, em estudo conduzido na mesma região e em área de cultivo de cana crua, os menores valores de D_F foram encontrados na direção de 0°, que também representava a linha de plantio da

cultura (PANOSSO et al., 2012). Ainda nesse mesmo estudo, os fractogramas de FCO₂ mostraram tendência de aumento dos valores de D_F com o aumento da escala. No entanto, em área de cultivo convencional de soja em Jaboticabal, São Paulo, os menores valores de D_F foram observados principalmente na direção perpendicular à linha de plantio, indicando possível influência do manejo nos padrões de variabilidade de FCO₂ (LA SCALA et al., 2009).

As variações temporais de D_F observadas nos estudos podem ser atribuídas às mudanças na heterogeneidade da variabilidade espacial e, no caso de FCO₂, essas alterações ocorrem devido às modificações nos padrões de variabilidade espacial de seus fatores controladores. Além disso, para a maioria dos fenômenos naturais, diversos estudos têm demonstrado que a escala, a localização ou mesmo a orientação dos pontos amostrais podem tornar instável a estimativa de D_F (BURROUGH, 1981; KLINKENBERG, 1992; XU et al., 1993; SUN et al., 2006; ABEDINI & SHAGHAGHIAN, 2009).

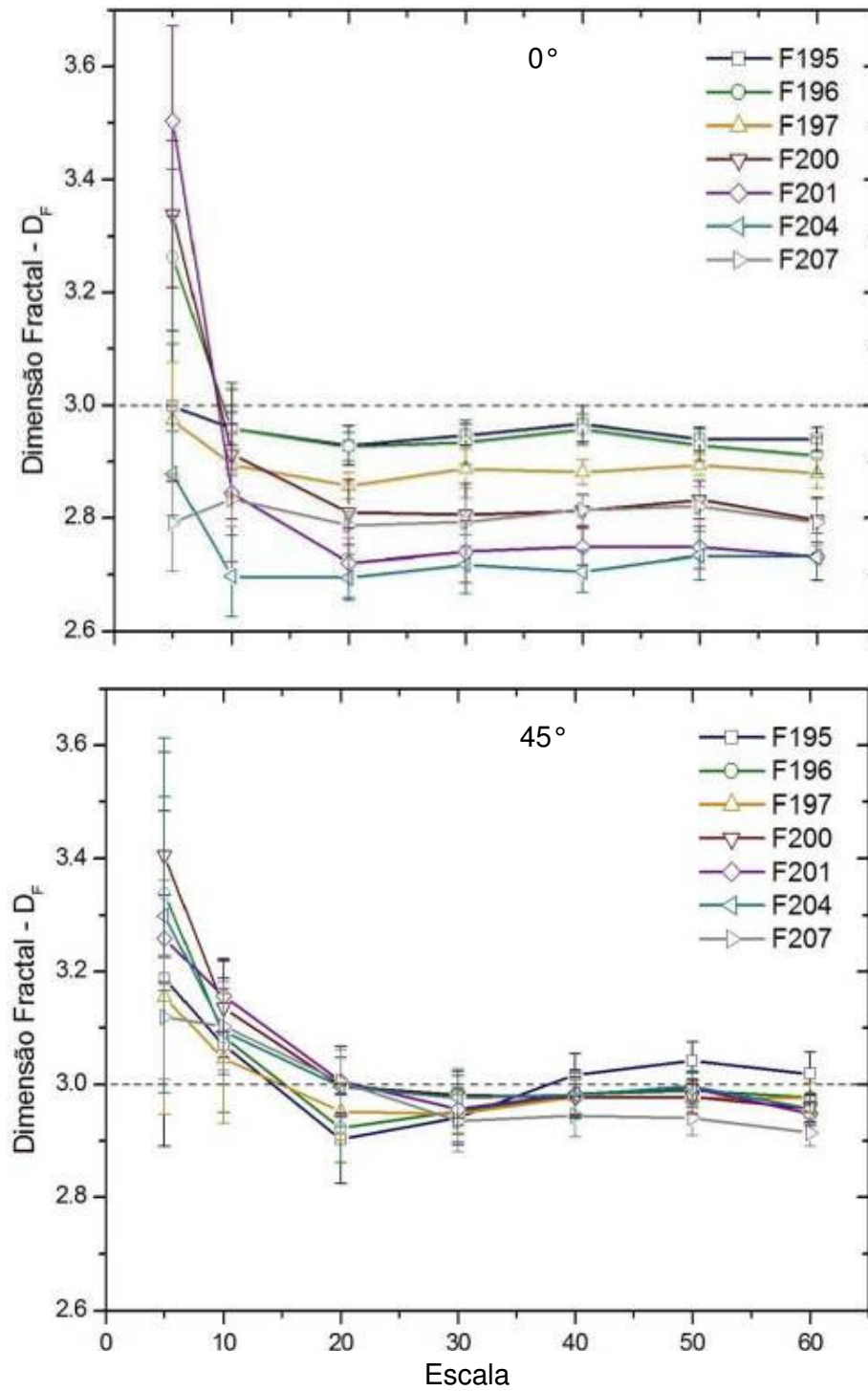


Figura 26. Fractogramas da emissão de CO_2 do solo para todos os dias de avaliação do ano de 2010, calculados a partir de semivariogramas anisotrópicos para as direções 0° e 45° , com valores de dimensão fractal (D_F) em função da escala.

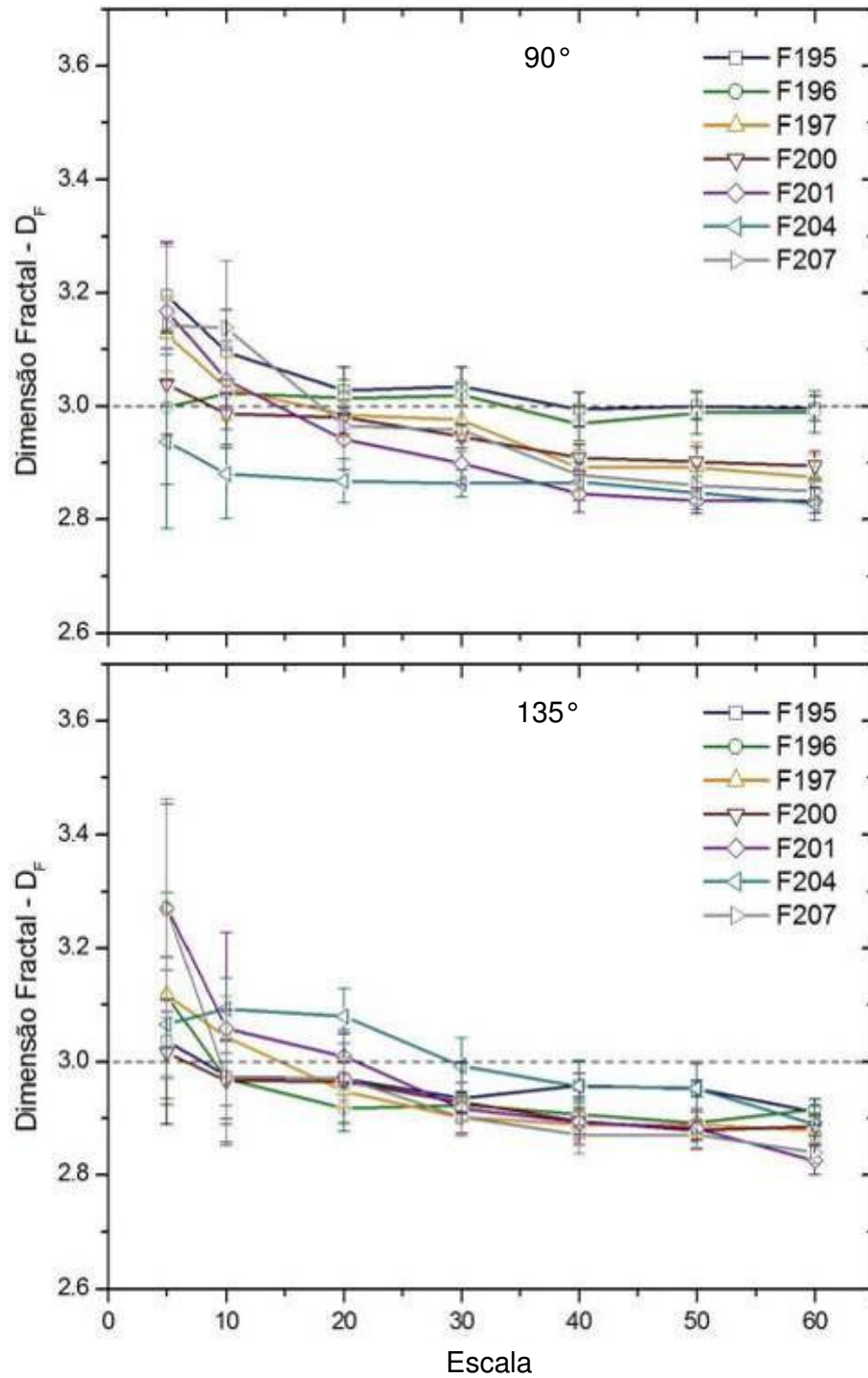


Figura 27. Fractogramas da emissão de CO_2 do solo para todos os dias de avaliação do ano de 2010, calculados a partir de semivariogramas anisotrópicos para as direções 90° e 135° , com valores de dimensão fractal (D_F) em função da escala.

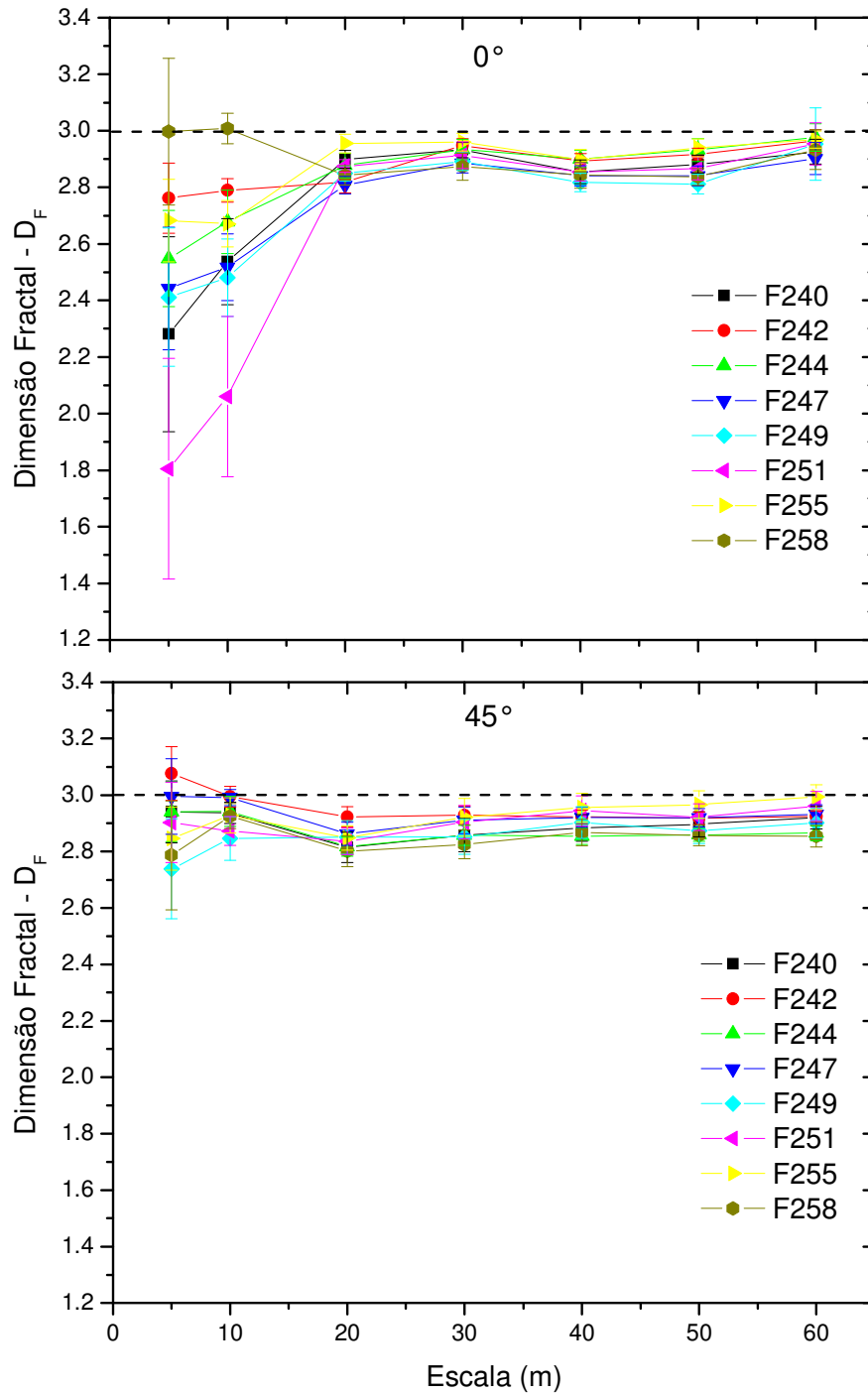


Figura 28. Fractogramas da emissão de CO_2 do solo para todos os dias de avaliação do ano de 2012, calculados a partir de semivariogramas anisotrópicos para as direções 0° e 45° , com valores de dimensão fractal (D_F) em função da escala.

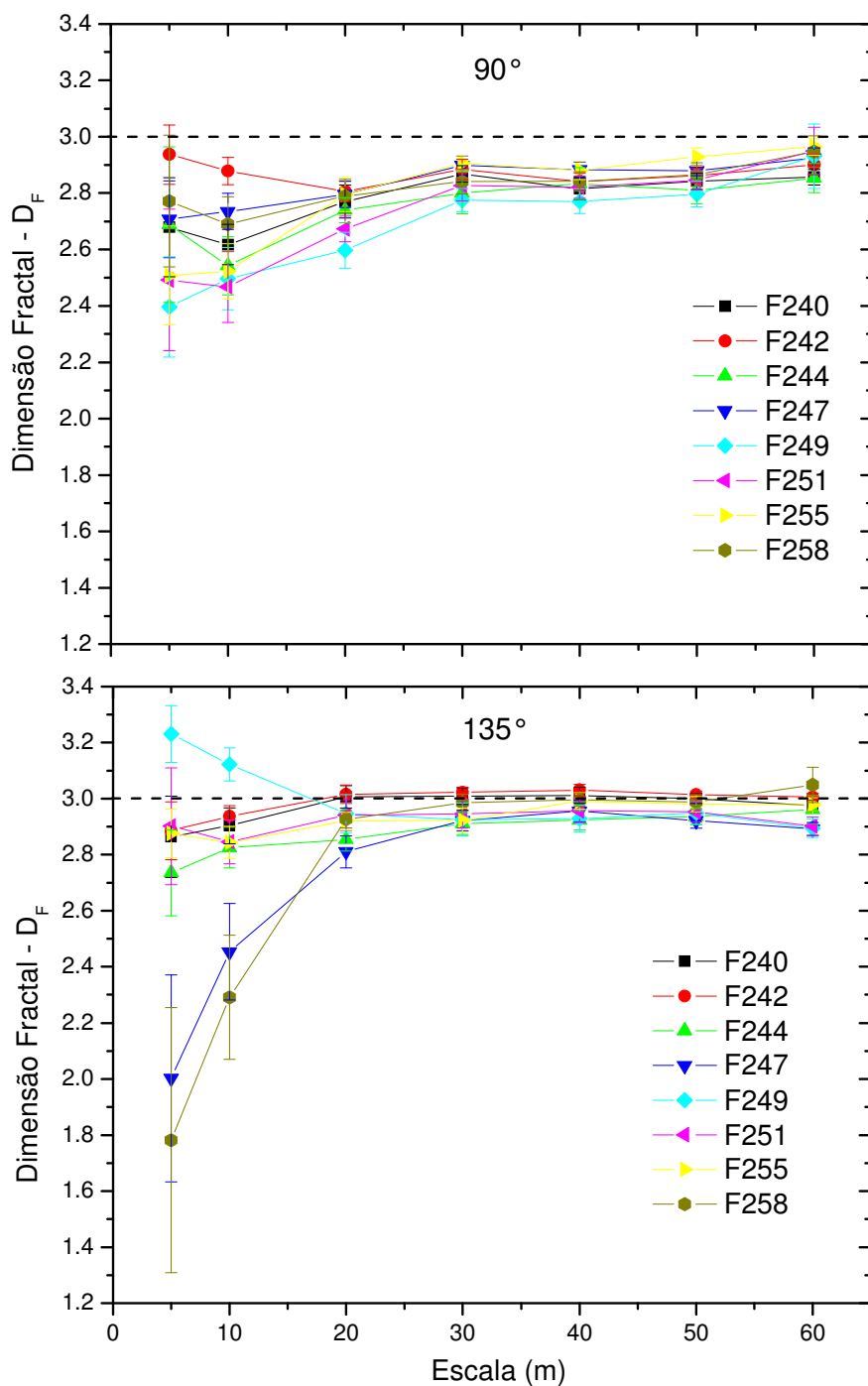


Figura 29. Fractogramas da emissão de CO_2 do solo para todos os dias de avaliação do ano de 2012, calculados a partir de semivariogramas anisotrópicos para as direções 90° e 135° , com valores de dimensão fractal (D_F) em função da escala.

A partir dos semivariogramas experimentais isotrópicos, foi calculada a dimensão fractal ($\log(\gamma) \times \log(h)$) para a média geral de FCO_2 , temperatura, umidade e demais atributos do solo. Para o ano de 2010, os valores de D_F de FCO_2 variaram de

3,05 na pequena escala (5/0,5 m) a 2,89 na longa escala (60/6,0 m), mostrando estrutura de variabilidade espacial heterogênea somente a partir de 20 m (Figura 30a). Comportamento inverso foi observado para o ano de 2012, quando os valores de D_F de FCO₂ variaram de 2,90 na longa escala (60/6,0 m) e 2,43 na pequena escala (5/0,5 m).

Para os dois experimentos, as variáveis Ts (Figuras 30a e 31a) e VTP (Figura 30b e 31b) se comportaram de forma semelhante à FCO₂, com tendência geral de diminuição de D_F ao longo da escala (em 2010, Figura 30), e com tendência geral de aumento de D_F ao longo da escala (em 2012, Figura 31). Este fato pode ser confirmado por meio da análise dos coeficientes de correlação linear positivos e significativos entre os fractogramas de FCO₂ e os fractogramas desses atributos para ambos os anos estudados (Tabela 8), que mostram a semelhança entre a dependência espacial dessas variáveis nas diferentes escalas. Assim, mesmo não havendo correlação significativa entre o fluxo de CO₂ do solo e outras variáveis que controlariam suas alterações, como observado na Tabela 5, os atributos Ts e VTP variaram de forma similar à FCO₂ ao longo dos gradeados estudados, com estruturas de variabilidade espacial semelhantes.

Os atributos Us (Figuras 30a e 31a) e teor de fósforo disponível (Figuras 30f e 31f) apresentaram um comportamento distinto ao de FCO₂, com tendência geral de aumento de D_F com o aumento do alcance e valores significativos em todas as escalas para Us e P no ano de 2010, e o inverso para o ano de 2012. Esse aspecto pode ser observado por meio dos valores significativos e negativos do coeficiente de correlação linear entre o fractograma de FCO₂ e aqueles obtidos para esses atributos (Tabela 8). Nesses casos, aumentos/diminuições dos valores da dimensão fractal de FCO₂ ao longo das escalas estão associados à diminuições/aumentos dos valores de D_F para essas variáveis, mostrando que a estrutura de variabilidade espacial difere ao longo das escalas, mas apresenta relação entre si. De acordo com PALMER (1988), a correlação

existente entre duas variáveis em uma determinada escala é provavelmente resultado da relação intrínseca existente entre elas e não apenas de uma coincidência em seus padrões de dependência espacial. Assim, a forma dos fractogramas e a correlação existente entre eles poderiam sugerir os fatores que influenciariam a estrutura de variabilidade espacial de FCO₂.

Deve-se salientar que para o ano de 2010 os atributos Ds, Argila, SB e V, apresentaram um comportamento distinto ao de FCO₂, expresso pelos índices de correlação negativos entre os fractogramas dessas variáveis (Tabela 8), por outro lado, para o ano de 2010, essas mesmas variáveis apresentaram comportamento semelhante ao de FCO₂, ou seja, valores de correlação positivos entre os fractogramas dessas variáveis (Tabela 8). Os resultados sugerem que a relação entre as estruturas de variabilidade FCO₂ e dos atributos do solo variaram com a escala e com a área de estudo, indicando a complexidade de modelagem desse fenômeno.

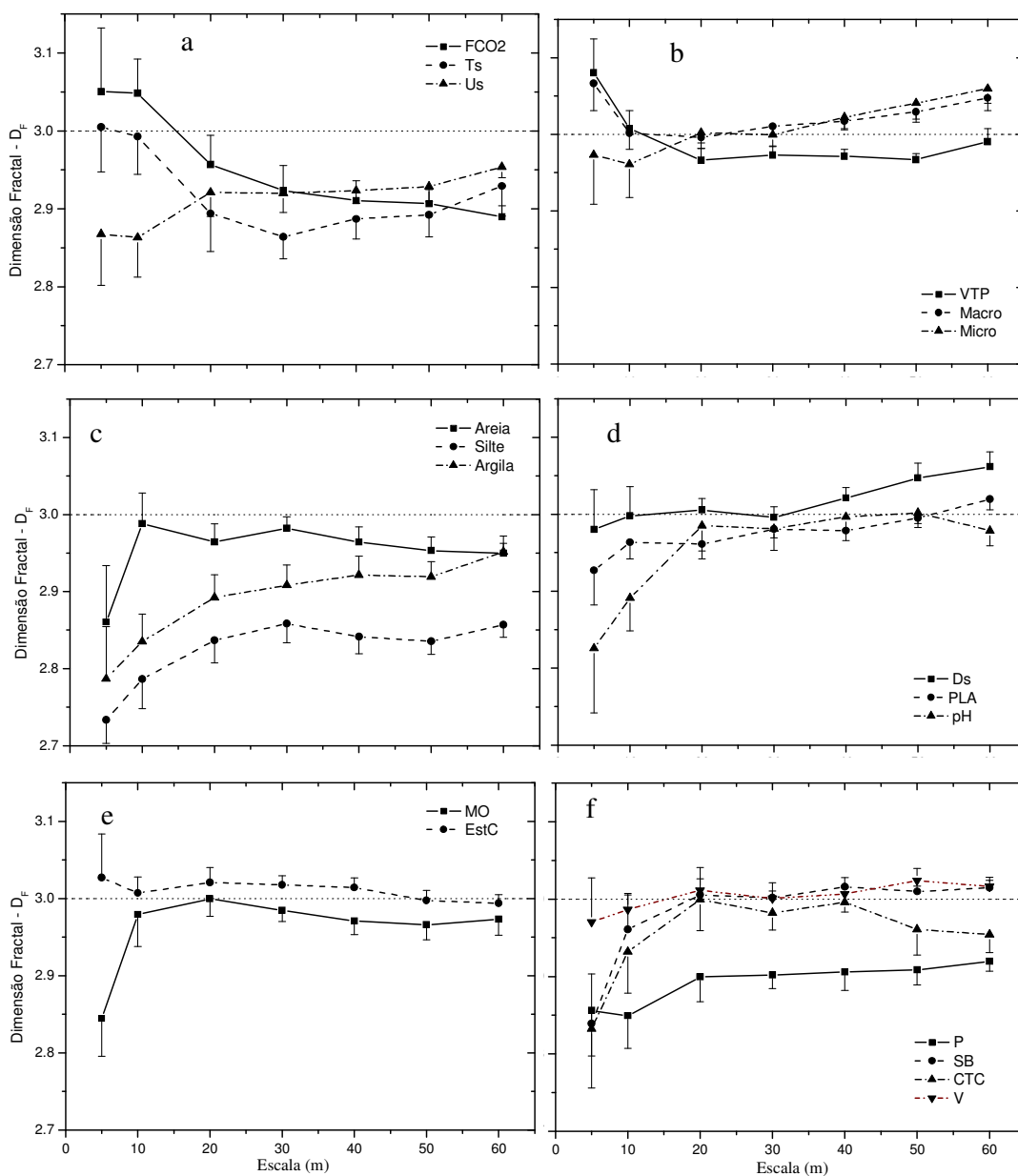


Figura 30. Fractogramas calculados a partir de semivariogramas isotrópicos, com os valores de dimensão fractal (D_F) em função da escala para diferentes atributos para o ano de 2010: a) FCO2 = emissão de CO_2 do solo; Ts = temperatura do solo; Us = umidade do solo; b) VTP = volume total de poros; Macro = macroporosidade; Micro = microporosidade; c) Areia = teor de areia; Silte = teor de silte; Argila = teor de argila; d) Ds = densidade do solo; PLA = porosidade livre de água; e) MO = teor de matéria orgânica; EstC = estoque de carbono e f) P = fósforo disponível; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases.

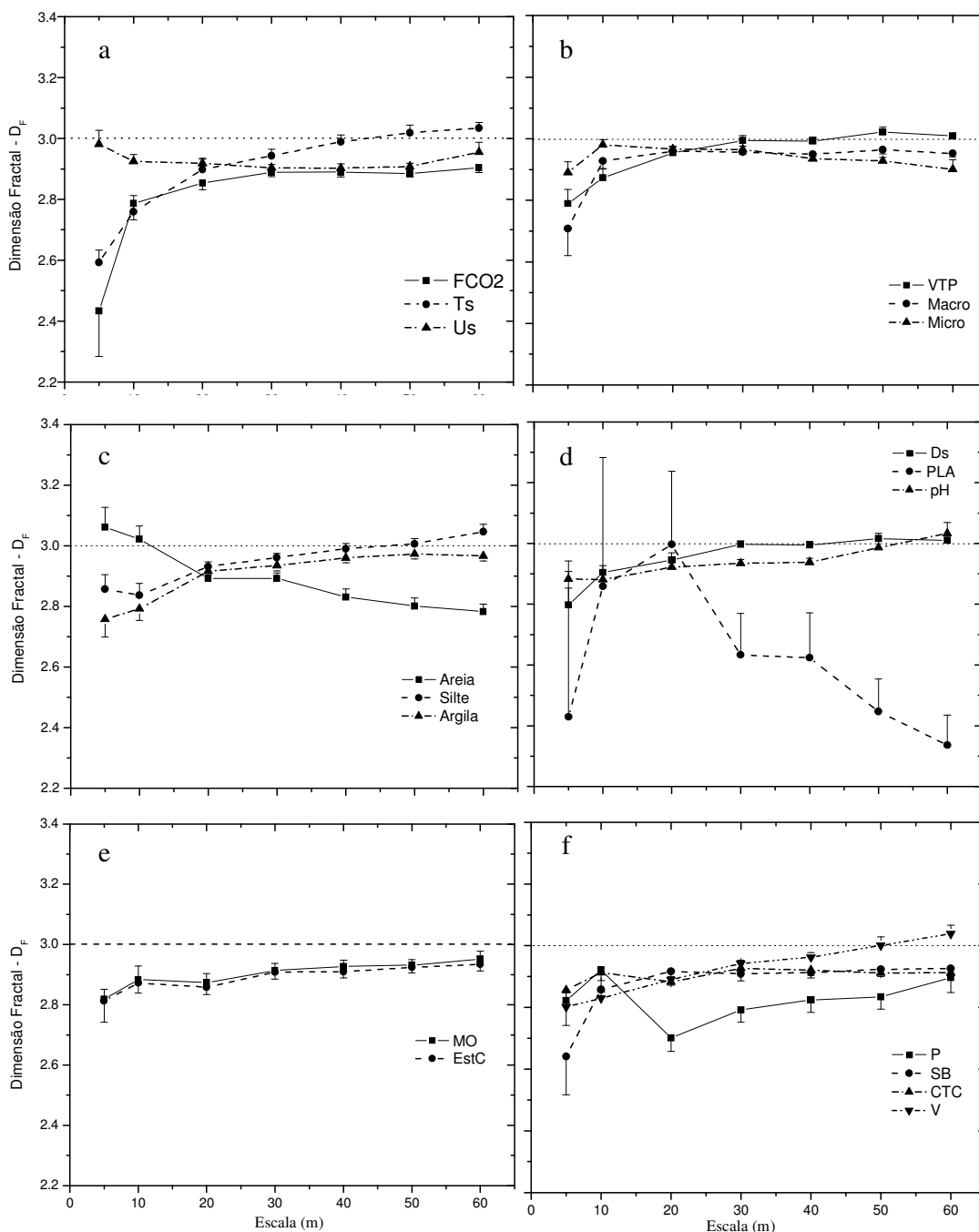


Figura 31. Fractogramas calculados a partir de semivariogramas isotrópicos, com os valores de dimensão fractal (D_F) em função da escala para diferentes atributos para o ano de 2012: a) FCO2 = emissão de CO₂ do solo; Ts = temperatura do solo; Us = umidade do solo; b) VTP = volume total de poros; Macro = macroporosidade; Micro = microporosidade; c) Areia = teor de areia; Silte = teor de silte; Argila = teor de argila; d) Ds = densidade do solo; PLA = porosidade livre de água; e) MO = teor de matéria orgânica; EstC = estoque de carbono e f) P = fósforo disponível; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases.

Tabela 8. Coeficientes de correlação linear entre o fractograma da emissão de CO₂ do solo (FCO₂) e os fractogramas da temperatura, umidade e atributos físicos e químicos do solo, derivados dos semivariogramas experimentais isotrópicos para as diferentes escalas estudadas nos anos de 2010 e 2012.

Atributo	Experimento de 2010	Experimento de 2012
Ts	0,85*	0,92*
Us	-0,97*	-0,77*
Ds	-0,77*	0,95*
Macro	0,08	0,98*
Micro	-0,91*	0,46
VTP	0,76*	0,92*
PLA	-0,84*	0,18
Areia	-0,39	-0,81*
Silte	-0,91*	0,69
Argila	-0,97*	0,85*
MO	-0,55	0,88*
EstC	0,52	0,86*
pH	-0,92*	0,61
P	-0,98*	-0,93*
SB	-0,81*	0,98*
CTC	-0,72	0,84*
V	-0,87*	0,77*

* Valores significativos do coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$). Ts = temperatura do solo; Us = umidade do solo; Ds = densidade do solo; Macro = macroporosidade; Micro = microporosidade; VTP = volume total de poros; PLA = porosidade livre de água; Areia = teor de areia; Silte = teor de silte; Argila = teor de argila; MO = teor de matéria orgânica; EstC = estoque de carbono; P = fósforo disponível; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases.

Em estudo que levou em conta a variabilidade temporal de FCO₂, alguns pontos da malha amostral correlacionaram-se linearmente e de forma significativa entre si ao longo do tempo (La Scala et al., 2009). De acordo com os autores, nos pontos onde esse padrão de variabilidade temporal de FCO₂ foi semelhante, é mais provável que a diferença entre o fluxo de CO₂ de um ponto para o outro ao longo do tempo seja mais próxima do que nos pontos onde não foi observada uma relação significativa entre si. Ainda, a manutenção da estrutura de variabilidade espacial de um determinado atributo é mais provável quando existe um padrão de comportamento semelhante em sua variação.

5 CONCLUSÕES

Apesar do comportamento isotrópico, os valores de dimensão fractal de FCO₂, calculados para diferentes direções, evidenciam maior variabilidade temporal na direção paralela à linha de plantio. A análise de componentes principais indicou a discriminação de alguns pontos da direção de 0° (sentido da linha de plantio de cultura), sugerindo anisotropia dos atributos do solo, nessa direção, com maiores tendências no experimento de 2012. Os fractogramas permitiram identificar os padrões de dependência de FCO₂ ao longo das escalas, direções e dias de estudo.

Em área de cana-de-açúcar sob sistema de manejo cana crua, a emissão de CO₂ do solo (FCO₂) apresentou dependência espacial na média (20-30 m) e longa (40-60 m) escalas para o ano de 2010, e na pequena (5-10 m) escala para o ano de 2012. Mesmo não evidenciando correlação linear com a maioria dos atributos estudados, FCO₂ apresentou relação significativa em sua estrutura de variabilidade espacial, caracterizada pelo fractograma, com a maioria dos atributos do solo. Os fractogramas isotrópicos dos atributos do solo indicam comportamento similar ou dissimilar ao de FCO₂ ao longo das escalas, mas com relação entre si dependendo da variável estudada, permitindo observar o comportamento da dependência espacial dessas variáveis ao longo da escala, áreas e seus padrões de homogeneidade e heterogeneidade.

6 ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO (DOCÊNCIA)

De acordo com o Despacho Ref.: 2010/20364-9, do dia 22 de agosto de 2012, informando sobre a aprovação, pela Diretoria Científica, do exercício de atividades profissionais concomitantes às atividades como bolsista da FAPESP, estamos encaminhando os documentos que comprovam as atividades realizadas pelo bolsista no período do segundo semestre do ano de 2012, com a indicação de carga horária, declaração da fonte pagadora e especificações da natureza dos serviços prestados, número de horas semanais trabalhadas, período de prestação dos serviços e a remuneração recebida.

A atividade desenvolvida pelo bolsista foi de Professor Conferencista (Bolsa Didática) da disciplina de Informática Aplicada, ministrada no segundo semestre letivo do ano de 2012, oferecida pelo Departamento de Ciências Exatas para curso de Graduação em Administração de Empresas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/ Jaboticabal). O objetivo da disciplina foi introduzir ferramentas computacionais de banco de dados e análises estatísticas para os alunos do referido curso. Os assuntos das aulas ministradas, bem como o período e a quantidade de 4 horas semanais (duas horas nas segundas-feiras mais duas horas às terças-feiras) podem ser observados na Tabela 9, informações as quais podem ser comprovadas pelo documento presente nas Figuras 32 e 33. A Figura 34 apresenta a declaração da instituição a respeito da remuneração recebida pelo bolsista durante o período do desenvolvimento da atividade de docência.

Tabela 9. Descrição das atividades desenvolvidas pelo bolsista quantidade de horas aula semanais e assuntos abordados na disciplina de Informática Aplicada (UNESP/Jaboticabal) no período de agosto a dezembro de 2012.

Dia	Mês	Horas Aula	Assunto
6	8	2	Apresentação da ementa, bibliografia e critério de avaliação. Introdução à lógica de programação.
7	8	2	Lógica de programação: Lógica Clássica, proposições, conectivos e tabela verdade.
13	8	2	Revisão do Excel - Funções e fórmulas no Ms-Excel. Exercícios em sala.
14	8	2	Revisão do Excel - Atingir metas e Gráficos e exemplos. Exercícios em sala.
20	8	2	Introdução ao Excel Avançado – VBA: Objetos, Método, Propriedades.
21	8	2	Introdução ao Excel Avançado – VBA: Funções, Operadores Tabela verdade
27	8	2	Introdução ao Excel Avançado – VBA: Algoritmo, fluxogramas e estruturas de decisão.
28	8	2	Exercícios em sala – VBA
3	9	2	Excel Avançado – VBA: Estruturas de Controle
4	9	2	Excel Avançado – VBA: Estruturas de Controle (continuação)
10	9	2	Excel Avançado: Endereçamento de células-Planilhas 3D; Referência L1C1
11	9	2	Excel Avançado: Endereçamento de células-Planilhas 3D; Referência L1C1 (continuação) exercícios.
17	9	2	Semana da ADM – não houve aula
18	9	2	Semana da ADM – não houve aula
24	9	2	Avaliação Prática
25	9	2	Avaliação Prática
1	10	2	Inserir comentários, validação de dados. Funções – cont.se; cont.num; cont.valor e proc`s. Formatação condicional.
2	10	2	Criar um cenário. Auto-filtro e filtro avançado.
8	10	2	Avaliação Geral
9	10	2	Avaliação Geral
15	10	2	Introdução ao SAS: Conhecendo o Ambiente SAS; Programando no SAS; Estruturas de Programação. Exercícios
16	10	2	Introdução ao SAS: Conhecendo o Ambiente SAS; Programando no SAS; Estruturas de Programação.
22	10	2	Introdução ao SAS: Estrutura Proc-Step; Procedimentos Estatísticos Básicos; Gráficos.

Tabela 9. Continuação.

Dia	Mês	Horas Aula	Assunto
23	10	2	Introdução ao SAS: Estrutura Proc-Step; Procedimentos Estatísticos Básicos; Gráficos. Exercícios
29	10	2	Introdução ao SAS: Estrutura Proc-Step e Ambiente SAS; Exercícios Básicos.
30	10	2	Introdução ao SAS: Estrutura Proc-Step; Revisão Geral - Exercícios Práticos.
5	11	2	Modelos de Banco de Dados. Criação de BD no Access – Tabelas. Exemplos (modo Estrutura, Folha de Dados e Assistente). Chave primária, Formatação, Mascara...). Relacionamentos; Integridade Referencial.
6	11	2	Consultas no Access – Consulta, Seleção. Relacionamento nas consultas. Formulários no Access. Construção de formulários.
12	11	2	Introdução ao software R – Histórico, Instalação, Pacotes, Ajuda, Operadores Aritméticos.
13	11	2	Introdução ao software R – Operadores Lógicos, Funções, Objetos Especiais (Escalares e Vetores).
19	11	2	Introdução ao software R – Estruturas de controle e decisão e Dataframes.
20	11	2	Introdução ao software R – Matrizes.
26	11	2	Introdução ao software R – Matrizes (continuação), Entrada e edição de dados.
27	11	2	Introdução ao software R – Funções apply's, subset, grep, function e datas no R.
03	12	2	2ª Avaliação
04	12	2	Avaliação repositiva.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Jaboticabal
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS



DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que o Prof. Dr. ALAN RODRIGO PANOSSO, RG 32.660.613-0-SSP-SP, ministrou a disciplina "Informática Aplicada" (4 horas semanais), do Curso de Graduação em Administração, com carga horária de 72 horas, de agosto a dezembro de 2012, junto ao Departamento de Ciências Exatas, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal – UNESP.

Jaboticabal, 10 de junho de 2013.

Prof. Dr. ANTONIO SERGIO FERRAUDO
?/Chefe do Departamento de Ciências Exatas

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via do Acesso Prof. Paulo Donato Castellani, s/n CEP 14884-900 Jaboticabal SP
tel 16 3229 2800 fax 16 3202 4275 www.fav.unesp.br

Figura 32- Declaração do Departamento de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/Jaboticabal) informando a disciplina, carga horária semanal e total e período de atuação profissional do bolsista.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



DECLARAÇÃO DE AULAS MINISTRADAS

DECLARO, para os devidos fins, que o Prof. Professor ALAN RODRIGO PANOSSO, RG nº 32.660.613-0, lotado junto ao DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP - Câmpus de Jaboticabal ministrou as disciplinas abaixo relacionadas:

ANO	SEM	CÓDIGO	DISCIPLINA	CARGA HORÁRIA		Nº DE ALUNOS
				OFERTADA	EFEATIVA	
2017	2ª	9007TP	INFORMÁTICA APLICADA	68	72	48

* Disciplina em Curso

** Disciplina ministrada em regime especial de ministração (EIRE)

Jaboticabal, 15 de janeiro de 2013



Maria José dos Santos
Diretora da Divisão Técnica Acadêmica

Figura 33. Declaração da Diretoria da Divisão Técnica Acadêmica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/Jaboticabal) informando a disciplina, semestre, carga horária e número de alunos da disciplina ministrada pelo bolsista.

COMPROVANTE DE RENDIMENTOS PAGOS E DE RETENÇÃO DE IMPOSTO DE RENDA NA FONTE Ano-calendário 2012	
1. FONTE PAGADORA PESSOA JURÍDICA OU PESSOA FÍSICA	
NOME EMPRESARIAL/NOME UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO	CNPJ/CPF 48.031.918/0012-87
2. PESSOA FÍSICA BENEFICIÁRIA DOS RENDIMENTOS	
CPF 290.833.258-22	NOME COMPLETO ALAN RODRIGO PANOSSO
NATUREZA DO RENDIMENTO Remuneração referente ao pagamento por reconhecimento do Curso de Administração.	
3. RENDIMENTOS TRIBUTÁVEIS, DEDUÇÕES E IMPOSTO RETIDO NA FONTE	
01. Total de Rendimentos (inclusive férias)	
02. Contribuição Previdenciária Oficial	
03. Contribuição à Previdência Privada e ao Fundo de Aposentadoria Programada Individual (FAPI)	
04. Pensão Alimentícia (informar o beneficiário no campo 6)	
05. Imposto de Renda Retido	
4. RENDIMENTOS ISENTOS E NÃO TRIBUTÁVEIS	
01. Parcela Isenta dos Proventos de Aposentadoria, Reserva, Reforma e Pensão (65 anos ou mais)	
02. Diárias e Ajudas de Custo	
03. Pensão, Prov. de Aposentadoria ou Reforma por Moléstia Grave e Apos. ou Reforma por Acid. Em Serviço	
04. Lucro e Dividendo Apurado a partir de 1996 pago por PJ (Lucro Real, Presumido ou Arbitrado)	
05. Val. Pagos ao Titular ou Sócio de Microempresa ou Empresas de Pequeno Porte, exceto Pró-Labore, Aluguéis	
06. Indenizações por rescisão de contrato de trabalho, inclusive a título de PDV, e acidente de trabalho	
07. Outros (BOLSA DE ESTUDO)	1.400,00
5. RENDIMENTOS SUJEITOS À TRIBUTAÇÃO EXCLUSIVA (RENDIMENTO LÍQUIDO)	
01. Décimo Terceiro Salário	
02. Outros	
6. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	
7. RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES	
DISPENSADO ASSINATURA CONFORME INSTRUÇÃO NORMATIVA 288 DE 24/01/2003 DO DEPARTAMENTO DA RECEITA FEDERAL.	
JABOTICABAL, 13 DE JUNHO DE 2013.	

Figura 34. Declaração da Seção de Finanças da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/Jaboticabal) informando sobre a remuneração recebida pelo bolsista durante o desenvolvimento de atividade didática no segundo semestre do ano de 2012, na modalidade de bolsa didática.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEDINI, M. J.; SHAGHAGHIAN, M. R. Exploring scaling laws in surface topography. *Chaos Solitons & Fractals*, v. 42, p. 2373-2383, 2009.
- AL-KAYSSI, A. W. Spatial variability of soil temperature under greenhouse conditions. *Renewable Energy*, v. 27, p. 453-462, 2002.
- ALLAIRE, S. E.; LANGE, S. F.; LAFOND, J. A.; PELLETIER, B.; CAMBOURIS, A. N.; DUTILLEUL, P. Multiscale spatial variability of CO₂ emissions and correlations with physico-chemical soil properties. *Geoderma*, v. 170, p. 251-260, 2012.
- BALL, B. C.; SCOTT, A.; PARKER, J. P. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil & Tillage Research*, v. 53, p. 29-39, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 54, p. 101-109, 2000.
- BERNOUX, M.; CARVALHO, M. D. S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal*, v. 66, p. 888-896, 2002.
- BLAIR, N. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. *Soil & Tillage Research*, v. 55, p. 183-191, 2000.
- BOURGAULT, G.; JOURNEL, A. G.; RHOADES, J. D.; CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Geostatistical analysis of a soil salinity data set. *Advances in Agronomy*, Vol 58, v. 58, p. 241-292, 1997.
- BRITO, L. F.; MARQUES JR., J.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA JR, N. Spatial variability of soil CO₂ emission in different topographic positions. *Bragantia*, v. 69, p. 19-27, 2010.
- BRITO, L. F.; MARQUES JR., J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M.; LA SCALA, N. Soil CO₂ emission of sugarcane fields as affected by topography. *Scientia Agricola*, v. 66, p. 77-83, 2009.
- BURROUGH, P. A. Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. *Nature*, v. 294, p. 240-242, 1981.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. Principles of geographical information system. Oxford: University Press, 1998. 333 p.
- BURTON, A. J.; PREGITZER, K. S. Field measurements of root respiration indicate little to no seasonal temperature acclimation for sugar maple and red pine. *Tree Physiology*, v. 23, p. 273-280, 2003.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. Estatística Básica. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2002. p.
- 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 Journal*, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

- CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 935-944, 2003.
- CARDELLINI, C.; CHIODINI, G.; FRONDINI, F. Application of stochastic simulation to CO₂ flux from soil: Mapping and quantification of gas release. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, v. 108, p., 2003.
- CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical agriculture and global warming: Impacts and mitigation options. *Scientia Agricola*, v. 64, p. 83-99, 2007.
- CHEN, G. Q.; CHEN, Z. M. Carbon emissions and resources use by Chinese economy 2007: A 135-sector inventory and input-output embodiment. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, v. 15, p. 3647-3732, 2010.
- CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril/2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_29_31_boletim_cana_portugues_abril_2013_1o_lev.pdf>.
- CONCILIO, A.; CHEN, J. Q.; MA, S.; NORTH, M. Precipitation drives interannual variation in summer soil respiration in a Mediterranean-climate, mixed-conifer forest. *Climatic Change*, v. 92, p. 109-122, 2009.
- DASSELAAAR, A.; CORRE, W. J.; PRIEME, A.; KLEMEDTSSON, A. K.; WESLIEN, P.; STEIN, A.; KLEMEDTSSON, L.; OENEMA, O. Spatial variability of methane, nitrous oxide, and carbon dioxide emissions from drained grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, v. 62, p. 810-817, 1998.
- DILUSTRO, J. J.; COLLINS, B.; DUNCAN, L.; CRAWFORD, C. Moisture and soil texture effects on Soil CO₂ efflux components in southeastern mixed pine forests. *Forest Ecology and Management*, v. 204, p. 85-95, 2005.
- DOMINY, C. S.; HAYNES, R. J.; VAN ANTWERPEN, R. Loss of soil organic matter and related soil properties under long-term sugarcane production on two contrasting soils. *Biology and Fertility of Soils*, v. 36, p. 350-356, 2002.
- DUAH-YENTUMI, S.; RONN, R.; CHRISTENSEN, S. Nutrients limiting microbial growth in a tropical forest soil of Ghana under different management. *Applied Soil Ecology*, v. 8, p. 19-24, 1998.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento / EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 2006. 412 p.
- EPRON, D.; BOSC, A.; BONAL, D.; FREYCON, V. Spatial variation of soil respiration across a topographic gradient in a tropical rain forest in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology*, v. 22, p. 565-574, 2006.
- EPRON, D.; FARQUE, L.; LUCOT, E.; BADOT, P. M. Soil CO₂ efflux in a beech forest: dependence on soil temperature and soil water content. *Annals of Forest Science*, v. 56, p. 221-226, 1999.

- FANG, C.; MONCRIEFF, J. B. A model for soil CO₂ production and transport 1: Model development. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 95, p. 225-236, 1999.
- FANG, C.; MONCRIEFF, J. B.; GHOLZ, H. L.; CLARK, K. L. Soil CO₂ efflux and its spatial variation in a Florida slash pine plantation. *Plant and Soil*, v. 205, p. 135-146, 1998.
- FIENER, P.; DLUGOSS, V.; KORRES, W.; SCHNEIDER, K. Spatial variability of soil respiration in a small agricultural watershed - Are patterns of soil redistribution important? *Catena*, v. 94, p. 3-16, 2012.
- FOLLETT, R. F. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil & Tillage Research*, v. 61, p. 77-92, 2001.
- FRANKLIN, R. B.; MILLS, A. L. Multi-scale variation in spatial heterogeneity for microbial community structure in an eastern Virginia agricultural field. *FEMS Microbiology Ecology*, v. 44, p. 335-346, 2003.
- FUENTES, J. P.; BEZDICEK, D. F.; FLURY, M.; ALBRECHT, S.; SMITH, J. L. Microbial activity affected by lime in a long-term no-till soil. *Soil & Tillage Research*, v. 88, p. 123-131, 2006.
- GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. *Geoderma*, v. 153, p. 347-352, 2009.
- GIUFFRÉ, L.; ROMANIUK, R.; CONTI, M. E.; BARTOLONI, N. Multivariate evaluation by quality indicators of no-tillage system in Argiudolls of rolling pampa (Argentina). *Biology and Fertility of Soils*, v. 42, p. 556-560, 2006.
- GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J. D. V. Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. *Acta Scientiarum*, v. 23, p. 1149-1157, 2001.
- GRAF, A.; HERBST, M.; WEIHERMULLER, L.; HUISMAN, J. A.; PROLINGHEUER, N.; BORNEMANN, L.; VEREECKEN, H. Analyzing spatiotemporal variability of heterotrophic soil respiration at the field scale using orthogonal functions. *Geoderma*, v. 181, p. 91-101, 2012.
- HERBST, M.; PROLINGHEUER, N.; GRAF, A.; HUISMAN, J. A.; WEIHERMULLER, L.; VANDERBORGHT, J. Characterization and Understanding of Bare Soil Respiration Spatial Variability at Plot Scale. *Vadose Zone Journal*, v. 8, p. 762-771, 2009.
- HERBST, M.; PROLINGHEUER, N.; GRAF, A.; HUISMAN, J. A.; WEIHERMULLER, L.; VANDERBORGHT, J.; VEREECKEN, H. Multivariate conditional stochastic simulation of soil heterotrophic respiration at plot scale. *Geoderma*, v. 160, p. 74-82, 2010.
- HUANG, C. H.; BRADFORD, J. M. Applications of a laser scanner to quantify soil microtopography. *Soil Science Society of America Journal*, v. 56, p. 14-21, 1992.
- IPCC. Climate change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers. Geneva, Suíça, 2007. p.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. Applied geostatistics. Nova York: Oxford University Press, 1989. 561 p.

- ISHIZUKA, S.; ISWANDI, A.; NAKAJIMA, Y.; YONEMURA, L.; SUDO, S.; TSURUTA, H.; MURIYARSO, D. Spatial patterns of greenhouse gas emission in a tropical rainforest in Indonesia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 71, p. 55-62, 2005.
- JASSAL, R. S.; BLACK, T. A.; DREWITT, G. B.; NOVAK, M. D.; GAUMONT-GUAY, D.; NESIC, Z. A model of the production and transport of CO₂ in soil: predicting soil CO₂ concentrations and CO₂ efflux from a forest floor. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 124, p. 219-236, 2004.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor-analysis. *Psychometrika*, v. 23, p. 187-200, 1958.
- KEMMITT, S. J.; LANYON, C. V.; WAITE, I. S.; WEN, Q.; ADDISCOTT, T. M.; BIRD, N. R. A.; O'DONNELL, A. G.; BROOKES, P. C. Mineralization of native soil organic matter is not regulated by the size, activity or composition of the soil microbial biomass - a new perspective. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 40, p. 61-73, 2008.
- KLINKENBERG, B. Fractals and morphometric measures - is there a relationship. *Geomorphology*, v. 5, p. 5-20, 1992.
- KONDA, R.; OHTA, S.; ISHIZUKA, S.; ARAI, S.; ANSORI, S.; TANAKA, N.; HARDJONO, A. Spatial structures of N₂O, CO₂, and CH₄ fluxes from Acacia mangium plantation soils during a relatively dry season in Indonesia. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 40, p. 3021-3030, 2008.
- KOSUGI, Y.; MITANI, T.; LTOH, M.; NOGUCHI, S.; TANI, M.; MATSUO, N.; TAKANASHI, S.; OHKUBO, S.; NIK, A. R. Spatial and temporal variation in soil respiration in a Southeast Asian tropical rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 147, p. 35-47, 2007.
- LA SCALA JR, N.; PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial e temporal da emissão de CO₂ num latossolo desprovido de vegetação. *Engenharia Agrícola*, v. 23, p. 88-95, 2003.
- LA SCALA, N.; MARQUES, J.; PEREIRA, G. T.; CORA, J. E. Carbon dioxide emission related to chemical properties of a tropical bare soil. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 32, p. 1469-1473, 2000a.
- LA SCALA, N.; MARQUES, J.; PEREIRA, G. T.; CORA, J. E. Short-term temporal changes in the spatial variability model of CO₂ emissions from a Brazilian bare soil. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 32, p. 1459-1462, 2000b.
- LA SCALA, N.; PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T.; GONZALEZ, A. P.; MIRANDA, J. G. V. Fractal dimension and anisotropy of soil CO₂ emission in an agricultural field during fallow. *International Agrophysics*, v. 23, p. 353-358, 2009.
- LEWICKI, J. L.; BERGFELD, D.; CARDELLINI, C.; CHIODINI, G.; GRANIERI, D.; VARLEY, N.; WERNER, C. Comparative soil CO₂ flux measurements and geostatistical estimation methods on Masaya volcano, Nicaragua. *Bulletin of Volcanology*, v. 68, p. 76-90, 2005.
- LINN, D. M.; DORAN, J. W. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. *Soil Science Society of American Journal*, v. 48, p. 1267-1272, 1984.

- LLOYD, J.; TAYLOR, J. A. ON THE TEMPERATURE-DEPENDENCE OF SOIL RESPIRATION. *Functional Ecology*, v. 8, p. 315-323, 1994.
- LUCA, E. F.; FELLER, C.; CERRI, C. C.; BARTHÈS, B.; CHAPLOT, V.; CAMPOS, D. C.; MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 789-800, 2008.
- MANDELBROT, B. The fractal geometry of nature. New York: Freeman, 1983. 468 p.
- MIRANDA, J. G. V. Análisis fractal del microrrelieve del suelo. Coruña, Universidad de a Coruña, 2000. 313p. (Tese de Doutorado).
- OHASHI, M.; GYOKUSEN, K. Temporal change in spatial variability of soil respiration on a slope of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) forest. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 39, p. 1130-1138, 2007.
- PACHEPSKY, Y.; RADCLIFFE, D. E.; SELIM, H. M. Scaling methods in soil physics. Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. p.
- PALMER, M. W. Fractal geometry - a tool for describing spatial patterns of plant-communities. *Vegetatio*, v. 75, p. 91-102, 1988.
- PANOSSO, A. R.; MARQUES, J.; MILORI, D.; FERRAUDO, A. S.; BARBIERI, D. M.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Soil CO₂ emission and its relation to soil properties in sugarcane areas under Slash-and-burn and Green harvest. *Soil & Tillage Research*, v. 111, p. 190-196, 2011.
- PANOSSO, A. R.; MARQUES, J.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Spatial and temporal variability of soil CO₂ emission in a sugarcane area under green and slash-and-burn managements. *Soil & Tillage Research*, v. 105, p. 275-282, 2009a.
- PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T.; MARQUES, J.; LA SCALA, N. Spatial Variability of CO₂ emission on oxisol soils cultivated with sugar cane under different management practices. *Engenharia Agrícola*, v. 28, p. 227-236, 2008.
- PANOSSO, A. R.; PERILLO, L. I.; FERRAUDO, A. S.; PEREIRA, G. T.; MIRANDA, J. G. V.; LA SCALA JR, N. Fractal dimension and anisotropy of soil CO₂ emission in a mechanically harvested sugarcane production area. *Soil & Tillage Research*, v. 124, p. 8-16, 2012.
- PANOSSO, A. R.; RIBEIRO, C. E. R.; ZANINI, J. R.; PAVANI, L. C.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Spatial variability of CO₂ emission, temperature and moisture of a bare oxisol submitted to different wetting levels. *Semina-Ciencias Agrarias*, v. 30, p. 1017-1033, 2009b.
- PERFECT, E.; KAY, B. D. Applications of fractals in soil and tillage research: A review. *Soil & Tillage Research*, v. 36, p. 1-20, 1995.
- PIOTROWSKA, A.; DLUGOSZ, J. Spatio-temporal variability of microbial biomass content and activities related to some physicochemical properties of Luvisols. *Geoderma*, v. 173, p. 199-208, 2012.
- PRINGLE, M. J.; LARK, R. M. Spatial analysis of model error, illustrated by soil carbon dioxide emissions. *Vadose Zone Journal*, v. 5, p. 168-183, 2006.
- QI, Y.; XU, M.; WU, J. G. Temperature sensitivity of soil respiration and its effects on ecosystem carbon budget: nonlinearity begets surprises. *Ecological Modelling*, v. 153, p. 131-142, 2002.

- RAIJ, B. V. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- RAYMENT, M. B.; JARVIS, P. G. Temporal and spatial variation of soil CO₂ efflux in a Canadian boreal forest. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 32, p. 35-45, 2000.
- RAZAFIMBELO, T.; BARTHES, B.; LARRE-LARROUY, M. C.; DE LUCA, E. F.; LAURENT, J. Y.; CERRI, C. C.; FELLER, C. Effect of sugarcane residue management (mulching versus burning) on organic matter in a clayey Oxisol from southern Brazil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 115, p. 285-289, 2006.
- RETH, S.; REICHSTEIN, M.; FALGE, E. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO₂ efflux - A modified model. *Plant and Soil*, v. 268, p. 21-33, 2005.
- ROCHETTE, P.; DESJARDINS, R. L.; PATTEY, E. Spatial and temporal variability of soil respiration in agricultural fields. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 71, p. 189-196, 1991.
- ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 66, p. 711-720, 2007.
- RYU, S. R.; CONCILIO, A.; CHEN, J. Q.; NORTH, M.; MA, S. Y. Prescribed burning and mechanical thinning effects on belowground conditions and soil respiration in a mixed-conifer forest, California. *Forest Ecology and Management*, v. 257, p. 1324-1332, 2009.
- SARTORI, F.; LAL, R.; EBINGER, M. H.; PARRISH, D. J. Potential soil carbon sequestration and CO₂ offset by dedicated energy crops in the USA. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 25, p. 441-472, 2006.
- SCHWENDENMANN, L.; VELDKAMP, E.; BRENES, T.; O'BRIEN, J. J.; MACKENSEN, J. Spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an old-growth neotropical rain forest, La Selva, Costa Rica. *Biogeochemistry*, v. 64, p. 111-128, 2003.
- SCOTT-DENTON, L. E.; SPARKS, K. L.; MONSON, R. K. Spatial and temporal controls of soil respiration rate in a high-elevation, subalpine forest. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 35, p. 525-534, 2003.
- SOE, A. R. B.; BUCHMANN, N. Spatial and temporal variations in soil respiration in relation to stand structure and soil parameters in an unmanaged beech forest. *Tree Physiology*, v. 25, p. 1427-1436, 2005.
- SOUZA, Z. M.; JUNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of the stability of aggregates and organic matter in soils with different relieves. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, p. 491-499, 2004.
- STOYAN, H.; DE-POLLI, H.; BOHM, S.; ROBERTSON, G. P.; PAUL, E. A. Spatial heterogeneity of soil respiration and related properties at the plant scale. *Plant and Soil*, v. 222, p. 203-214, 2000.
- SUN, W.; XU, G.; GONG, P.; LIANG, S. Fractal analysis of remotely sensed images: A review of methods and applications. *International Journal of Remote Sensing*, v. 27, p. 4963-4990, 2006.

- TANG, X. L.; ZHOU, G. Y.; LIU, S. G.; ZHANG, D. Q.; LIU, S. Z.; LI, J.; ZHOU, C. Y. Dependence of soil respiration on soil temperature and soil moisture in successional forests in southern China. *Journal of Integrative Plant Biology*, v. 48, p. 654-663, 2006.
- TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agricultural Systems*, v. 89, p. 225-247, 2006.
- TEDESCHI, V.; REY, A.; MANCA, G.; VALENTINI, R.; JARVIS, P. G.; BORGHETTI, M. Soil respiration in a Mediterranean oak forest at different developmental stages after coppicing. *Global Change Biology*, v. 12, p. 110-121, 2006.
- TEIXEIRA, D. B.; BICALHO, E. S.; PANOSSO, A. R.; PERILLO, L. I.; IAMAGUTI, J. L.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA JR, N. Krigagem ordinária e simulação sequencial gaussiana na interpolação da emissão de CO₂ do solo. *Revista Energia na Agricultura*, v. 26, p. 26-42, 2011a.
- TEIXEIRA, D. B.; PANOSSO, A. R.; CERRI, C. E. P.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Soil CO₂ emission estimated by different interpolation techniques. *Plant and Soil*, v. 345, p. 187-194, 2011b.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, v. 38, p. 45-94, 1985.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Spatial dependence and interpolation of soil properties in west Sumatra, Indonesia .1. Anisotropic variation. *Soil Science Society of America Journal*, v. 50, p. 1391-1395, 1986.
- USSIRI, D. A. N.; LAL, R. Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. *Soil & Tillage Research*, v. 104, p. 39-47, 2009.
- VAUCLIN, M.; VIEIRA, S. R.; VACHAUD, G.; NIELSEN, D. R. The use of cokriging with limited field soil observations. *Soil Science Society of America Journal*, v. 47, p. 175-184, 1983.
- VIDAL-VÁZQUEZ, E.; VIEIRA, S. R.; DE MARIA, I. C.; PAZ-GONZALEZ, A. Fractal dimension and geostatistical parameters for soil microrelief as a function of cumulative precipitation. *Scientia Agricola*, v. 67, p. 78-83, 2010.
- VIDAL-VÁZQUEZ, E.; VIVAS-MIRANDA, J. G.; PAZ-GONZALEZ, A. Characterizing anisotropy and heterogeneity of soil surface microtopography using fractal models. *Ecological Modelling*, v. 182, p. 337-353, 2005.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo, In: Novais, R. F., Alvarez V., V. H.; Schaefer, C. E. (Eds.), *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 1-54.
- WANG, G. X.; GERTNER, G.; SINGH, V.; SHINKAREVA, S.; PARYSOW, P.; ANDERSON, A. Spatial and temporal prediction and uncertainty of soil loss using the revised universal soil loss equation: a case study of the rainfall-runoff erosivity R factor. *Ecological Modelling*, v. 153, p. 143-155, 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.

- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. Geostatistics for Environmental Scientists. Oxford: Oxford University Press, 2009. 315 p.
- WEN, X. F.; YU, G. R.; SUN, X. M.; LI, Q. K.; LIU, Y. F.; ZHANG, L. M.; REN, C. Y.; FU, Y. L.; LI, Z. Q. Soil moisture effect on the temperature dependence of ecosystem respiration in a subtropical Pinus plantation of southeastern China. Agricultural and Forest Meteorology, v. 137, p. 166-175, 2006.
- XU, M.; QI, Y. Soil-surface CO₂ efflux and its spatial and temporal variations in a young ponderosa pine plantation in northern California. Global Change Biology, v. 7, p. 667-677, 2001.
- XU, T. B.; MOORE, I. D.; GALLANT, J. C. Fractals, fractal dimensions and landscapes - a review. Geomorphology, v. 8, p. 245-262, 1993.
- YIM, M. H.; JOO, S. J.; SHUTOU, K.; NAKANE, K. Spatial variability of soil respiration in a larch plantation: estimation of the number of sampling points required. Forest Ecology and Management, v. 175, p. 585-588, 2003.
- YUSTE, J. C.; BALDOCCHI, D. D.; GERSHENSON, A.; GOLDSTEIN, A.; MISSON, L.; WONG, S. Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. Global Change Biology, v. 13, p. 2018-2035, 2007.

Ilha Solteira, 05 de julho de 2013.



Alan Rodrigo Panosso