



## Análise de componentes principais da emissão de CO<sub>2</sub> e atributos do solo em área de cana-de-açúcar

Vivian Aparecida Brancaglioni<sup>1</sup>, Maria de Fátima Ferreira Almeida<sup>1</sup>, Alan Rodrigo Panosso<sup>2</sup> e José Silvio Govone<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Bioestatística –IB/Unesp– Botucatu

<sup>2</sup>Departamento de Matemática–DMAT/Unesp–Ilha Solteira

<sup>3</sup>DMAC/IGCE/Unesp e CEA/Unesp–Rio Claro

### RESUMO

O processo de perda de carbono do solo para a atmosfera é resultante da atividade microbiana (oxidação química) e respiração das raízes, considerada, atrás apenas dos oceanos, a segunda maior fonte de CO<sub>2</sub> para atmosfera. O objetivo do trabalho foi aplicar a técnica de análise de componente principal para reduzir a dimensionalidade das variáveis e interpretar relações existentes entre atributos físicos e químicos e a emissão de CO<sub>2</sub> do solo, em área comercial de cultivo de cana-de-açúcar, realizado no município de Guariba-SP. Foram consideradas 10 variáveis, sendo elas: FCO<sub>2</sub> (emissão de CO<sub>2</sub>), PLA (porosidade livre de água), DS (densidade do solo), Macro (macroporosidade), MO (matéria orgânica), PT (porosidade total), pH, P (Fósforo), SB (soma de bases) e CTC (capacidade de troca de Cátions). Concluiu-se que a análise de componente principal reduziu a dimensão dos dados em três componentes principais que explicam cerca de 71% da variação total dos dados.

**Palavras chave:** componentes principais, atributos do solo, emissão de CO<sub>2</sub> do solo.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento das concentrações dos gases do efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) na atmosfera tem causado alterações preocupantes no clima do planeta. Embora o potencial de aquecimento global do CH<sub>4</sub> e do N<sub>2</sub>O seja, respectivamente, 25 e 298

vezes maior que o do CO<sub>2</sub>, o dióxido de carbono apresenta a maior contribuição em termos relativos para o efeito estufa adicional devido à sua grande quantidade emitida [1].

Os solos estocam grandes quantidades de carbono nos ecossistemas naturais, o processo de perda de carbono do solo para a atmosfera ocorre na forma de emissão de CO<sub>2</sub> (FCO<sub>2</sub>), processo resultante da oxidação química da matéria orgânica do solo promovida pela atividade microbiana e respiração das raízes. Apesar de todos os esforços, ainda existem grandes incertezas na quantificação de FCO<sub>2</sub> em áreas agrícolas e a sua relação com fatores ambientais e variáveis físicas e químicas do solo que controlam sua magnitude e estrutura de variação espaço-temporal [2].

Neste trabalho objetivou-se utilizar a técnica de análise de componentes principais com intuito de reduzir a dimensionalidade das variáveis e interpretar relações existentes entre atributos físicos e químicos e a emissão de CO<sub>2</sub> do solo.

## 2 Metodologia

O experimento foi conduzido em área comercial destinada à produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) localizada no município de Guariba, SP. A malha amostral utilizada era composta por 89 pontos amostrais, instalada em uma área de 50 m × 50 m. As avaliações de emissão de CO<sub>2</sub> do solo foram realizadas durante os estágios iniciais de crescimento da cana-de-açúcar, no período da manhã de 25 de outubro a 17 de novembro de 2008, e as variáveis físico-químicas, foram obtidas através de análises laboratoriais.

O método de componentes principais foi utilizado, com auxílio do programa R, o qual permite reduzir um conjunto de  $p$  variáveis ( $p=10$ ) a um novo conjunto de  $p$  combinações lineares dessas variáveis, chamada componentes principais, de forma que, cada componente principal seja capaz de reter grande quantidade da variabilidade explicada pelo conjunto das variáveis originais [3]. O conjunto de variáveis avaliado é composto por atributos físicos e químicos do solo e a emissão de CO<sub>2</sub> do solo, tais como: FCO<sub>2</sub>, PLA, Ds, Macro, PT, MO, pH, P, SB e CTC.

## 3 Resultados e Discussões

A análise de componentes principais foi realizada a partir da matriz de correlações (Tabela 1). Os resultados obtidos das componentes principais, seus respectivos autovalores e as porcentagens da variância explicada por essas componentes estão apresentados na Tabela 2. Considerando-se que a importância relativa das componentes principais decresce da primeira para a última, tem-se que as últimas componentes são responsáveis pela explicação de uma fração mínima da variância total disponível. A primeira componente principal explica 36,89% da variância total, a segunda componente explica 19,74%, enquanto que a terceira componente explica cerca de 15% da variabilidade total, desta forma, as três primeiras componentes explicam cerca de 71% da variação total dos dados (Tabela 2). O número de componentes foi determinado de acordo com o critério de Kaiser ( $\lambda_i > 1$ ), dessa forma, as três primeiras

componentes principais resumem efetivamente a variância amostral total e podem ser utilizados para o estudo do conjunto de dados.

Tabela 1: Matriz **R** de correlações amostrais para as variáveis do experimento de 2008

	FCO2	PLA	DS	Macro	PT	MO	pH	P	SB	CTC
FCO2	1,00	0,65	-0,52	0,40	0,54	0,12	0,24	-0,10	0,26	0,01
PLA	0,65	1,00	-0,60	0,56	0,72	0,15	0,11	-0,12	0,14	0,01
DS	-0,52	-0,60	1,00	-0,75	-0,78	-0,20	-0,11	0,07	-0,09	0,07
Macro	0,40	0,56	-0,75	1,00	0,78	0,29	0,07	0,10	0,06	-0,04
PT	0,54	0,72	-0,78	0,78	1,00	0,17	0,09	-0,11	0,08	-0,03
MO	0,12	0,15	-0,20	0,29	0,17	1,00	-0,01	0,11	0,24	0,42
pH	0,24	0,11	-0,11	0,07	0,09	-0,01	1,00	0,22	0,85	-0,19
P	-0,10	-0,12	0,07	0,10	-0,11	0,11	0,22	1,00	0,27	0,13
SB	0,26	0,14	-0,09	0,06	0,08	0,24	0,85	0,27	1,00	0,21
CTC	0,01	0,01	0,07	-0,04	-0,03	0,42	-0,19	0,13	0,21	1,00

Tabela 2: Autovalores ( $\lambda_i$ ) e porcentagem da variação explicada pelas componentes principais (VCP)

CP	$\lambda_i$	VCP (%)	VCP Acumulada (%)
CP1	3,70	36,89	36,89
CP2	1,97	19,74	56,63
CP3	1,48	14,83	71,46
CP4	0,97	9,66	81,12
CP5	0,66	6,57	87,69
CP6	0,47	4,65	92,34
CP7	0,33	3,30	95,64
CP8	0,22	2,17	97,81
CP9	0,16	1,58	99,39
CP10	0,06	0,60	100,00

Analisando-se os coeficientes dos autovetores associados às componentes principais e as correlações existente entre as componentes e as variáveis (Tabela 3) percebe-se que a primeira componente está mais relacionada com as variáveis FCO2, DS, PLA, Macro e PT, representando um índice de emissão de CO<sub>2</sub> e atributos físicos do solo. Os atributos químicos do solo dividiram-se em duas componentes principais. A CP2 está relacionada com as variáveis pH, P e SB; e a terceira componente relaciona-se com MO e CTC.

Os atributos físicos do solo estão intimamente ligados ao transporte dos gases em seu interior, tendo DS juntamente com a PLA impacto direto sobre esse transporte e por consequência na atividade microbiana e produção de CO<sub>2</sub> [4]. O pH, P e SB são: responsáveis pela disponibilidade de nutrientes, podendo afetar a diversidade e disponibilidade de microrganismos; importante para o metabolismo dos microrganismos; excelente indicativo das condições de fertilidade do solo, respectivamente.

A MO e a CTC estão intimamente relacionadas, pois parte da CTC do solo é devido às propriedades coloidais da MO [5].

Tabela 3: Coeficientes de ponderação das variáveis e suas correlações com os componentes principais.

Variável	CP1	CP2	CP3
FCO2	<b>-0,38</b> (-0,73)	-0,03 (-0,04)	-0,11 (-0,13)
PLA	<b>-0,43</b> (-0,82)	0,10 (0,14)	-0,03 (-0,04)
DS	<b>0,45</b> (0,86)	-0,13 (-0,18)	0,02 (0,02)
Macro	<b>-0,43</b> (-0,82)	0,10 (0,15)	0,09 (0,11)
PT	<b>-0,46</b> (-0,89)	0,16 (0,22)	-0,01 (-0,02)
MO	-0,16 (-0,31)	-0,17 (-0,24)	<b>0,59</b> (0,72)
pH	-0,14 (-0,28)	<b>-0,57</b> (-0,80)	-0,39 (-0,47)
P	0,01 (0,03)	<b>-0,37</b> (-0,52)	0,15 (0,18)
SB	-0,16 (-0,30)	<b>-0,64</b> (-0,90)	-0,07 (-0,09)
CTC	-0,01 (-0,01)	-0,17 (-0,24)	<b>0,67</b> (0,82)

Logo, as componentes obtidas podem caracterizar de forma satisfatória a dinâmica em estudo sem perda demasiada de informação.

## 4 Conclusão

Com base nos resultados, concluiu-se que 70% das variáveis analisadas foram consideradas redundantes e que a dimensão dos dados pode ser reduzida a três componentes principais.

## Referências

- [1] Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat, 2007.
- [2] GRAF, A.; HERBST, M.; WEIHERMULLER, L.; HUISMAN, J. A.; PRO-LINGHEUER, N.; BORNEMANN, L.; VEREECKEN, H. Analyzing spatiotemporal variability of heterotrophic soil respiration at the field scale using orthogonal functions. *Geoderma*, v. 181, n., p. 91-101, 2012.
- [3] JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 2007. 773p.
- [4] TEIXEIRA, D. B.; BICALHO, E. S.; PANOSSO, A. R.; PERILLO, L. I.; IAMAGUTI, J. L.; PEREIRA, G. T.; JR, N. L. S. Uncertainties in the prediction of spatial variability of soil CO<sub>2</sub> emissions and related properties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.5, p.1466-1475, 2012.
- [5] RAIJ, B. V. *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.