

## **Caracterização dos teores de nutrientes na serapilheira florestal no bioma amazônico**

**Cyro Matheus Cometti Favalessa<sup>1</sup>, Édila Cristina de Souza<sup>2</sup>, Karen Janones da Rocha<sup>3</sup>  
Marcelino Alves Rosa de Pascoa<sup>4</sup> Kuang Hongyu<sup>5</sup>**

### **1. Introdução**

A serapilheira compreende o conjunto de componentes senescentes da parte aérea das plantas e, em menor escala, o material de origem animal disposto sobre a superfície do solo (MARTINS, 2007; CALDEIRA et al., 2008), sendo particularmente importante na recuperação da fertilidade do solo de áreas em início de sucessão ecológica (ALONSO et al., 2015).

O conhecimento da concentração de nutrientes contidos na serapilheira, assim como suas inter-relações é importante dentro dos processos ecológicos. O número e a natureza das variáveis envolvidas nos processos naturais têm grande variação e demandam análises que considerem todos os componentes dessa variação.

Em virtude da complexidade desses processos são necessárias técnicas multivariadas de análise para o estudo das relações existentes entre todos os componentes dentro dos ecossistemas. A Análise de componentes principais é uma técnica de ordenação indireta, descrita inicialmente por Karl Pearson em 1901 e introduzida em estudos de vegetação por Orlóci (1978), sendo, desde então, amplamente utilizada (KENT e COKER, 1992).

A análise de componentes principais (ACP) condensa as informações contidas em grande número de variáveis em um pequeno grupo de novas composições dimensionais, denominadas componentes, tal que o arranjo dos pontos sofre a menor distorção possível, preservando a estrutura original dos dados. Isso é feito com a sumarização dos dados redundantes (supérfluos), para colocar entidades similares em pontos próximos ao longo do eixo de ordenação (KENT e COKER, 1992; McGARIGAL et al., 2000; McCUNE e GRACE, 2002).

A ACP constrói o primeiro eixo ao longo da máxima variação presente nos dados distribuídos no espaço de ordenação, e o segundo eixo baseia-se na máxima variação seguinte, e assim por diante. Para cada eixo da ACP é produzido um autovalor, que é o somatório da variância dos dados que representam o eixo. Os autovalores dos eixos significam contribuição relativa de cada componente na explicação da variância total dos dados (GAUCH, 1982; KENT e COKER, 1992). Diante do exposto o objetivo geral do trabalho foi determinar os componentes principais responsáveis pela explicação da variabilidade dos dados.

### **2. Material e métodos**

#### **2.1. Área de estudo**

O trabalho foi realizado em um fragmento, com área de 32,9801 ha, pertencentes à fazenda Rancho Fundo, localizada no município de Tapurah, Mato Grosso, Brasil, circunscrita à coordenada

---

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. email: [favalessa.cmc@gmail.com](mailto:favalessa.cmc@gmail.com).

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Estatística, Universidade Federal de Mato Grosso. email: [edilacrsouza@gmail.com](mailto:edilacrsouza@gmail.com).

<sup>3</sup> Professora do Departamento Acadêmico de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia. email: [karenrocha@unir.br](mailto:karenrocha@unir.br)

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Estatística, Universidade Federal de Mato Grosso. email: [marcelino.pascoa@gmail.com](mailto:marcelino.pascoa@gmail.com).

<sup>5</sup> Professor do Departamento de Estatística, Universidade Federal de Mato Grosso. email: [prof.kuang@gmail.com](mailto:prof.kuang@gmail.com).

12°28'5,67"S e 56°33'32,14"W como observado na Figura 1. O clima da região é do tipo Am (Tropical de Monções), segundo a classificação de Köppen, com inverno seco de pequena duração e elevada precipitação anual, aproximadamente, 3.000 mm ano<sup>-1</sup>, e temperatura média anual de 25°C (ALVARES et al., 2013).

## 2.2 Coleta dos dados

Foi utilizado o método de amostragem de área fixa com conglomerados retangulares de dimensões de 10 x 250 m (2.500 m<sup>2</sup>), pelo processo de amostragem sistemático. Foram cinco conglomerados com cinco subunidades cada de área de 10 X 50 m (500 m<sup>2</sup>). No centro de cada subunidade amostral foi coletada a serapilheira utilizando um gabarito de madeira de 30cm x 30cm (SCORIZA et al., 2012).

A classificação do material foi realizada no Laboratório de Cultura de Tecidos do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso em que a serapilheira coletada foi dividida em três frações: a) Folhas: Fração composta por folhas coletadas dentro do gabarito; b) Material lenhoso: Todo tipo de galhos e pedaços de madeira encontrados; c) Miscelânea: Material já decomposto e/ou aquele que não se enquadra nas frações folha e material lenhoso;

Foi realizada a quantificação dos macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) todos em gramas por quilo de serapilheira (g/kg). Os micronutrientes quantificados foram Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe) em miligramas por quilo de serapilheira (mg/kg). Foi também quantificada o Carbono orgânico percentual presente na serapilheira.

## 2.3 Análise de componentes principais

Os componentes principais foram calculados pela matriz de correlação dos dados padronizados referentes as concentrações de nutrientes das frações analisadas. A matriz de dados dos nutrientes respeitou a recomendação feita por Borcard et al., (2011) em que o número de linhas (observações) deve ser superior ao número de colunas (variáveis). Foi utilizada a técnica de Análise de Componentes Principais com as 10 variáveis da análise química da serapilheira para cada fração (Folhas, Material Lenhoso e Miscelânea) resultando em uma matriz com 75 linhas e 10 colunas.

O número de componentes principais foi determinado em função da contribuição para explicação da variabilidade considerando os critérios de Henderson (2003) com explicação proporcional entre 40% e 90% e o de Felfili et al., (2013) que em geral três componentes são suficientes e o restante representam apenas variação residual. Para ratificar a determinação do número de componentes principais foi construído o *Scree plot* dos autovalores em função de sua ordem, em que o número ideal de componentes é aquele em que ocorre a mudança mais acentuada na magnitude do autovalor.

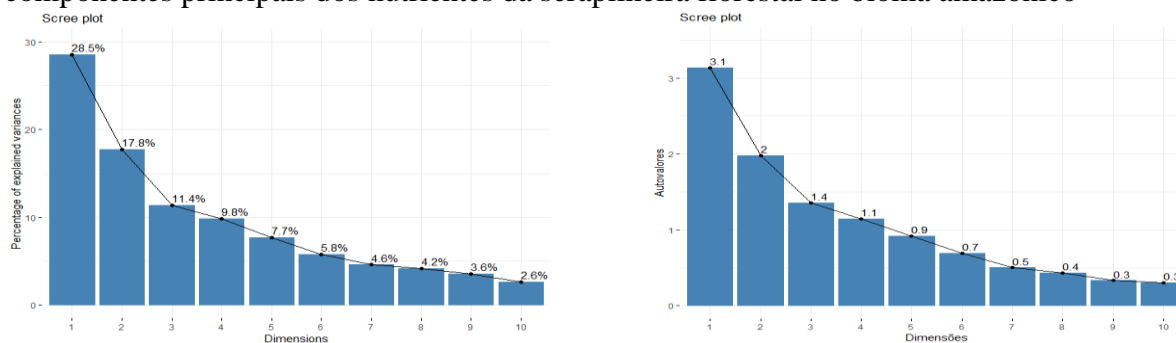
A determinação das variáveis responsáveis pela explicação da variabilidade amostral foi realizada por uma análise conjunta da matriz de correlação dos dados padronizados, a dimensão dos autovetores dos componentes principais selecionados. Complementarmente foi realizada a análise do Biplot tridimensional conforme recomendado por Yan e Kang, (2003) em que ângulos formados entre os eixos diferentes de 90° significa correlação entre as variáveis e quanto menor (< 45°) ou maior (> 135°) esse ângulo mais forte será a correlação.

As análises foram realizadas no programa R Core Team (2018) e foram utilizados os pacotes *Plotrix*, *ellipse*, *corrplot*, *factoextra* e *FactoMineR*.

### 3. Resultados e discussões

O primeiro componente principal foi o mais importante responsável por explicar cerca de 28,5% da variabilidade dos teores de nutrientes presentes na serapilheira e associado aos segundo e terceiro componentes explicam 57,7 % da variabilidade total (Figura 1), dentro dos limites recomendados por Henderson (2003) e Felfili et al. (2013). Foi observada a relação dos autovalores com sua ordem em que a partir do terceiro componente principal a variação dos autovalores foi menos acentuada com tendência a estabilidade a partir do terceiro componente principal (Figura 1).

Figura 1: *Scree plot*, variâncias explicadas (*Percentage of explained variance*) e autovalores dos componentes principais dos nutrientes da serapilheira florestal no bioma amazônico



A associação entre os dois componentes principais em que o Fe e o Cu foram fortemente correlacionados e seus teores são inversamente proporcionais ao Mn, C e K. O Ca e o Mg têm forte correlação no componente Dim1, assim como Zn e S. Correlações positivas fortes foram entre Ca e Mg, Ca e K, Fe e Cu, K e Mg, e a correlação negativa mais forte foi entre Fe e K (Figura 2).

O Ca tem forte associação com as observações 1, 8 e 11 que correspondem respectivamente com as frações folha da subunidade 1, fração material lenhoso na subunidade 3 e fração de material lenhoso na subunidade de material lenhoso (Figura 2), fato esse explicado pela presença o Ca nas folhas pois conforme Barker e Pilbean (2007) o nutriente promove a abertura e fechamento dos estômatos sendo de fundamental importância no processo fotossintético, sua presença no material lenhoso ocorre pois é integrante da parede e membrana celular dos vegetais e desempenha importante papel na translocação de soluto (WIEDENHOEFT, 2006).

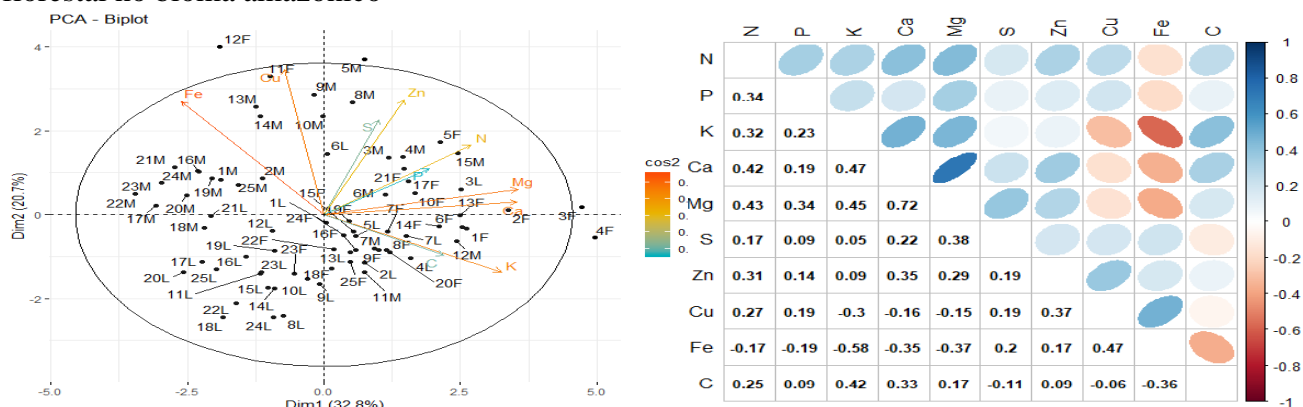
O Mg tem associação com a observação 10 que corresponde a fração de folhas na subunidade 4 (Figura 3), Wiedenhof (2006) e Barker e Pilbean (2007) comentam que o Mg é o principal componente da molécula de clorofila presente nas folhas, e estudos realizados por Marschner (1995) e Neales (1956) indicam que 15 a 30% do magnésio total em plantas está associada com a molécula de clorofila

O K pode ser associado fortemente a observações 10 e 16 que correspondem a fração de folhas na subunidade 4 e 6 respectivamente (Figura 2). Esse nutriente é encontrado nas folhas pois atua, como apresentado por Pflüger e Mengel (1972), no transporte de íons de potássio através dos cloroplastos e membranas mitocondriais que estão está relacionada estreitamente com a produção de energia das plantas. Em trabalhos anteriores, foi demonstrado que K tinha uma influência favorável sobre fotoredução e fotofosforilação.

O Cu foi associado principalmente as observações 6, 34 e 39 que correspondem respectivamente as frações miscelânea, folhas e miscelânea (Figura 2). O Cu tem transporte limitado em plantas, portanto, as concentrações mais elevadas são frequentemente em tecidos de raiz (CHAIGNON et al., 2002a; CHAIGNON et al., 2002B; LIU et al., 2001, NAN e CHENG, 2001), mas pode ser encontrado em folhas e flores (PEDERSON ET AL., 2002).

Foi constatada forte relação com os teores de Fe nas observações 48 e 72 que correspondem a fração miscelânea nas subunidades 16 e 24 respectivamente com elevados teores do nutriente (Figura 3). O Fe tem função de fazer ligação com vários nutrientes para formar moléculas, e está presente em dois grandes grupos de proteínas, além de estar presente no transporte eletrônico no processo de fotossíntese, quando o Fe faz parte de alguma proteína se torna essencial ao vegetal (BIENFAIT e VAN DER MARK., 1983).

Figura 2: Biplot dos componentes principais e correlação dos teores de nutrientes da serapilheira florestal no bioma amazônico



#### 4. Conclusão

O teor dos macronutrientes presentes na serapilheira em floresta secundária no município de Tapurah – MT segue a ordem  $N > Ca > Mg > K > S > P$  para todas as frações. A ordem do teor dos micronutrientes presentes na serapilheira na fração de folhas é  $Mn > Fe > Zn > Cu > B$ , na fração material lenhoso é  $Fe > Mn > B > Zn > Cu$  e na fração miscelânea é  $Fe > Mn > Cu > Zn > B$ . A distribuição dos teores é normal para todas as frações dos nutrientes N, Mn e C (%), para a fração de folhas dos nutrientes K, Mg, S, Zn, para fração de material lenhoso do K, e para fração de miscelânea dos nutrientes P, Fe e B.

A variabilidade dos teores de nutrientes na serapilheira florestal no bioma amazônico no município de Tapurah – MT é explicada principalmente pelos macronutrientes Ca, Mg, K e os micronutrientes Fe e Cu.

Os maiores teores de K, Ca, Mn, N e S são observados na fração de folhas, e para o Mn o teor nas folhas é semelhante ao do material lenhoso, o maior teor de Mg é observado nas frações de material lenhoso e miscelânea, e o maior teor de Fe é verificado na fração miscelânea. O teor de B e C são estatisticamente iguais para as três frações analisadas.

#### 5. Referências bibliográficas

ALONSO, J. M.; LELES, P. S. S.; FERREIRA, L. N.; OLIVEIRA, N. S. A. Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 1-11, jan. - mar., 2015.

BARKER, A. V.; PILBEAN, D. J. **Handbook ok plant nutrition**. Taylor & Francis Group, New York, 2007.

BIENFAIT, H.F.; VAN DER MARK, F. Phytoferritin and its role in iron metabolism. In: D.A. Robb, W.S. Pierpoint, eds. **Metals and Micronutrients. Uptake and Utilization by Plants**. London: Academic Press: London, 1983, pp. 111–123.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecological with R**. New York: Springer, 2011. xii+306p. Use R!.

CHAIGNON, V.; BEDIN F.; HINSINGER, P. Copper bioavailability and rhizosphere pH changes as affected y nitrogen supply for tomato and oilseed rape cropped on an acidic and calcareous soil. *Plant Soil*. 243:219–228, 2002.

CHAIGNON, V.; DI MALTA, D.; HINSINGER, P. Fe-deficiency increases Cu acquisition by wheat cropped in a Cu-contaminated vineyard soil. *New Phytol*. 154:121–130, 2002.

CALDEIRA, M. V. W. et al.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, p. 53-68, 2008.

FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; MELO, M.M.R.F.; ANDRADE, L.A.; MEIRA NETO, J.A. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Volume I. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 556p.

GAUCH, H.G. **Multivariate analysis in community ecology**. New York: Cambridge University Press. 1982.

HENDERSON, P.A. **Practical methods in ecology**. Oxford: Blackwell. 2003.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis**. London, John Wiley & Sons. 1992. 363 p.

Liu, D.; Jiang, W.; Hou, W. Uptake and accumulation of copper by roots and shoots of maize. *J. Environ. Sci*. 13:228–232, 2001. 15. Z.

McCUNE, B.; GRACE, J.B. **Analysis of ecological communities**. Gleneden Beach: MjM Software Design. 2002.

McGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.; STAFFORD, S. **Multivariate statistics for wildlife and ecology research**. New Yotk: Springer Science and Business Media. 2000.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1995.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 255 p.

NAN, Z.; CHENG, G. Copper and zinc uptake by spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and corn (*Zea Mays* L.) grown in Baiyin region. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** 67:83–90, 2001.

ORLÓCI, L. **Multivariate analysis in vegetation research**. 2. ed. Boston: Dr. W. Junk B. V. Publishers, The Hauge, 1978. ix+451p.

PEDERSON, G.A.; BRINK, G.E.; FAIRBROTHER, T.E. Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorus, potassium, copper, and zinc. **Agron. J.** 94:895–904, 2002.

PFLÜGER, R.; MENGEL, K. Photochemical activity of chloroplasts from different plants fed with potassium. **Plant Soil** 36:417–425, 1972.

R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. Métodos para coleta e análise de serapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente**, v.2, n.2, p.01-18, 2012

YAN, W.; KANG, M.S. **GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists**. CRC Press, New York, 2003. 267p.

WIEDENHOEFT, A. C.; **Plant nutrition**. Infobase Publishing, Philadelphia, 2006.