

REVISÃO SISTEMÁTICA DO PANORAMA, FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES DA ESTATÍSTICA UNIVARIADA EM MICROBIOLOGIA DO SOLO¹

SYSTEMATIC REVIEW OF OVERVIEW, FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS OF UNIVARIATE ANALYSES IN SOIL MICROBIOLOGY

Higo Forlan Amara²

Inês Fumiko Ubukata Yada³

Maria Elizabeth da Costa Vasconcellos⁴

RESUMO:

A Microbiologia do Solo, assim como outras áreas da pesquisa científica, demanda eficientes ferramentas capazes de abranger o máximo de inferências, respostas e conclusões das complexas interações da dinâmica microbiana no solo com elementos químicos, físicos e outros de natureza biológica, assim, posteriores tomadas de decisões na agricultura. Iniciando com o planejamento experimental até o processo de inferências e tomadas de decisões, o cientista ou pesquisador deveria utilizar ferramentas estatísticas para acerrar a legitimidade de seus estudos e conseguir extrair o máximo de informações de seus conjuntos de dados. O objetivo deste trabalho foi avaliar modelos e esquemas estatísticos univariados aplicados em estudos científicos publicados no Brasil relacionados à Microbiologia do Solo. Realizou-se uma Revisão Sistemática pelo tema “microbiologia do solo” no periódico científico Pesquisa Agropecuária Brasileira, entre os anos de 1999 a 2009. Os modelos Inteiramente Casualizado e Blocos Casualizados concomitante com a subárea de maior exploração de microrganismos funcionais em esquema Fatorial foram os mais explorados entre os artigos revisados. Porém, 25% do total de artigos demonstraram não basearem-se em modelo matemático univariado. Em alguns dos artigos avaliados observaram-se aplicações errôneas de modelos univariados e dos esquemas estatísticos, possivelmente decorrente da ausência ou incipiente planejamento para verificar as hipóteses e objetivos do estudo.

PALAVRAS-CHAVE: ecologia numérica; ferramentas estatísticas; pesquisa científica.

ABSTRACT:

Soil microorganisms have key role in the biosphere, primarily, on decomposing organic matter and cycling of nutrients for plants, for these reasons, their activities are essential to balance of the environment. In the scientific research, including Soil Microbiology requires tools efficient and able to cover as much of inferences responses and conclusions of the work. The statistic has become an essential tool for agricultural and biological sciences, and in some subareas such acceptance has triggered a corresponding increase in the number and variety of available statistical procedures. The objective this study was to evaluate multivariate the overview and applications of statistics models in Soil Microbiology scientific papers published in Brazil. A systematic review was held for the theme “soil microbiology” in the journal Pesquisa Agropecuária Brasileira scientific journal, between the years 1999 to 2009. Approximately, 15% applied multivariate model, mainly, Cluster exploratory analysis was performed in “microbial functional” studies and unless 1% of paper not used multivariate models and significant test. The most multivariate models is exploratory analysis with large panorama to use multivariate models with mathematical and significance test, and thus univariate models need of experimental planning to appropriate application.

KEYWORDS: numerical ecology, scientific research, statistical tools.

73

¹ Parte do trabalho de monografia de Especialização Lato Sensu em Estatística do primeiro autor, pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), PR, Brasil.

² Professor Doutor do departamento de Agronomia e Gestão Ambiental do Centro Universitário Filadélfia (UniFil), Av. Juscelino Kubitschek, 1626 - Cx Postal 196. CEP: 86.020-000, Londrina, PR. E-mail: higo.amara@unifil.br (autor para correspondência).

³ Pesquisadora Mestre do departamento de Biometria (ABI) do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Cx Postal 481, Londrina, PR, Brasil. E-mail: inesyada@iapar.br

⁴ Pesquisadora Mestre do departamento de Biometria (ABI) do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Cx Postal 481, Londrina, PR, Brasil. E-mails: bethvasc@iapar.br

INTRODUÇÃO

Nas instituições de pesquisa e ensino a presença de um departamento de estatística é essencial para o desenvolvimento das atividades relacionadas às ciências biológicas e agrárias. Atualmente, existe crescente demanda e procura a tais departamentos visando auxiliar na pesquisa científica, e assim, verificar os efeitos e interações dos eventos investigados.

A Microbiologia do Solo, ciência considerada formalmente nova, tem consolidado suas pesquisas nas áreas biológicas e agrárias, visando, entre diferentes interfaces, a preservação e conservação da microbiota deste ambiente, a sustentabilidade ambiental e agrícola. Os microrganismos do solo têm papel-chave na biosfera terrestre, atuando na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem dos nutrientes, por esta razão, a atividade microbiana é essencial para a manutenção da fertilidade do solo, e conseqüentemente, para a atividade agrícola e suporte do meio ambiente.

A integridade da capacidade metabólica da microbiota do solo é um requisito fundamental que complementa os conceitos de cultivo, biorremediação e proteção de solo. Assim, diferentes métodos e metodologias são empregados para avaliar tais níveis microbiológicos no solo, desde quantificação de microrganismos até suas características genômicas (Kassen; Nannipieri, 1995).

Importante ressaltar que, a sustentabilidade ambiental e agrícola interage tecnologias, políticas e outras atividades integrado-as com princípios sócio-econômicos e ambiental, resultando em manutenção ou melhora dos produtos e serviços, redução do risco produtivo, proteção dos recursos naturais, prevenção contra degradação do solo e da água, viabilidade econômica e aceitabilidade social (Smyth; Dumanski, 1993).

O objetivo deste estudo foi avaliar o panorama, os fundamentos e aplicações estatísticas de modelos univariados e esquemas em artigos científicos relacionados à Microbiologia do Solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se como abordagem metodológica uma revisão sistemática de artigos científicos que abordam as diferentes subáreas da Microbiologia do Solo. Uma Revisão Sistemática (RS) pode definir-se por: [...] revisão planejada para responder a uma pergunta específica, que utiliza métodos explícitos e sistemáticos para identificar, selecionar e avaliar criticamente determinados estudos (ou trabalhos), e para coletar e analisar os dados destes estudos incluídos na revisão (Castro, 2001, p. 1).

Utilizou-se o Portal Brasileiro da Informação Científica disponibilizado pela Coordenação de Desenvolvimento de Pessoas de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação Brasileira (Brasil, 2009), devido à facilidade de acesso a Instituições de Educação de Nível Superior e a Institutos de Pesquisas. Pelo tema “Microbiologia do Solo” ser interdisciplinar e de grande abrangência nas ciências biológicas e agrárias, delimitou-se esta RS no periódico científico Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) entre os anos de 1999 a 2009, disponibilizado pela base “*Scielo Brasil*”, que tem o objetivo de: [...] proporcionar um amplo acesso a coleções de periódicos como um todo, aos fascículos

de cada título de periódico, assim como aos textos completos dos artigos. O acesso aos títulos dos periódicos e aos artigos pode ser feito através de índices e de formulários de busca (SciELO, 2010).

Neste acervo de periódico, do total de 209 listados como títulos correntes, 16 são correlacionados com ciências biológicas e/ou agrárias. Na qual, o periódico PAB tem maior número de exemplares publicados, com ISSN/2009 = 0,681 – o segundo maior índice entre os periódicos que abrangem tais áreas. Complementou-se o estudo com outras bibliografias relevantes ao assunto disponibilizados pelos acervos das bibliotecas públicas universitárias, centros de pesquisa e também disponível na base de Periódicos da CAPES.

A seleção dos artigos baseou-se em: primeiro, na seção de Microbiologia do periódico, termos indexados no título e nas palavras-chave, contendo algum termo relacionado à Microbiologia do Solo. Segundo, outras seções, como: Genética, Solo, Notas Científicas e outras, com termos de indexação e palavras-chave relacionados à área. As abordagens analíticas dos artigos científicos foram realizadas segundo a natureza e aplicação dos modelos multivariados, sendo analisada a adequação das técnicas utilizadas, suas aplicações e possíveis perspectivas a trabalhos científicos relacionados à Microbiologia do Solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fundamentos e aplicações de modelos estatísticos univariados

Do total de 134 artigos levantados na Revisão Sistemática (RS) não houve diferença entre o uso do Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e Blocos Casualizados (DBC) sendo aproximadamente 38% de artigos com cada delineamento, em ausência ao uso do Delineamento em Quadrado Latino (DQL) que validam matematicamente as hipóteses levantadas.

75

Tabela 1. Modelos estatísticos univariados empregados em artigos relacionados à Microbiologia do Solo no Brasil entre os anos de 1999 a 2009.

TIPO DE INVESTIGAÇÃO MICROBIOLÓGICA	DELINEAMENTOS ESTATÍSTICOS				TOTAL
	INTEIRAMENTE CASUALIZADO	BLOCOS CASUALIZADOS	QUADRADOS LATINOS	NÃO DESCRITO	
Quantificação	4	10	0	5	19
Atividade	6	2	0	4	12
Diversidade	0	3	0	2	5
Grupos Funcionais	42	35	0	20	97
Outros	0	1	0	0	1
TOTAL	52	51	0	31	134

(Tabela 1). Qualquer modelo estatístico univariado deve admitir alguns princípios

Aditividade e Independência, no primeiro os efeitos dos fatores devem seguir modelo matemático aditivo e no segundo, os erros (eij), ou seja, os efeitos dos fatores não controlados devem ser independentes, implicando a não correlação (independência) entre

R
E
V
I
S
T
A

os tratamentos (Banzatto; Kronka, 2006). Homogeneidade de variâncias dos erros (eij) pressupõe que os dados devem possuir variância comum (homogênea), sugerindo que a variabilidade das repetições em determinado tratamento deve ser semelhantes aos demais tratamentos (variância homogênea). Os erros (ou desvios eij) devem possuir distribuição normal de probabilidades, implicando que o conjunto de dados se ajuste a distribuição normal de probabilidades (Banzatto; Kronka, 2006).

Dentre as diversas subáreas da Microbiologia do Solo, maior parte dos trabalhos objetivou investigar a subárea “Microrganismos funcionais” com cerca de 72% do total de artigos avaliados, dentro deste percentual, DIC (31%) foi mais empregado em relação ao DBC (26%), DQL (zero%) e 15% não descrevem nenhum delineamento (Tabela 1). Nas demais subáreas avaliadas o uso de DIC foi relativamente expressivo em artigo de “Atividade microbiana” e o uso de DBC em “Quantificação microbiana”. Importante ressaltar que do total de 134, 31 artigos não apresentaram nenhum modelo estatístico univariado que corresponde aproximadamente 23% do total (Tabela 1).

Delineamento Inteiramente Casualizado

O Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) é amplamente utilizado quando se realiza estudos em condições de homogeneidade e de simples aplicabilidade. Tais situações são observadas em ensaios de laboratório, casa-de-vegetação, amostras homogêneas e etc. Segundo Banzatto e Konkra (2006) este delineamento utiliza apenas os princípios da repetição e da casualização, por isso deve-se ter certeza da homogeneidade das condições ambientais e do material experimental. Os tratamentos são designados às parcelas de forma inteiramente casual, com números de tratamentos e de repetições dependentes apenas do número de parcelas disponíveis. Segundo Pimentel-Gomes (1976), este tipo de experimento traz vantagens em relação aos mais complexos, devido:

- I. Qualquer número de repetições ou de tratamentos pode ser usado e o número de repetições pode variar de um tratamento para outro sem que isto dificulte a análise;
- II. O número de graus de liberdade para o resíduo é o maior possível;

Delineamento em Blocos Casualizados

O Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) foi o modelo de maior ocorrência na pesquisa agrônômica devida sua flexibilidade e precisão. O “bloco” tem função importante em controlar a heterogeneidade das áreas e materiais experimentais, tornando-os mais homogêneos possíveis, atendendo ao princípio de controle local, além dos princípios de repetição e casualização.

Quando um pesquisador possui dúvidas sobre a homogeneidade do local ou do material a utilização dos blocos é uma boa alternativa para homogeneizá-los. No que se referem à distribuição dos blocos no campo, eles podem permanecer agrupados ou dispersos pela área experimental. Contudo, é importante ressaltar a averiguação prévia da homogeneidade (ou heterogeneidade) das áreas ou materiais experimentais para adequar a distribuição dos blocos.

Este delineamento tem como vantagens: controle das heterogeneidades entre os blocos experimentais; dentro de certos limites utilizarem qualquer número de tratamentos

e blocos (repetições); conduz a uma estimativa mais exata da variância residual, mesmo com um efeito a mais dos “blocos”, sendo a análise de variância (ANAVA) relativamente simples. No entanto, pela utilização do controle local, existe uma redução no número de graus de liberdade do resíduo e a “máxima” homogeneidade dentro de cada bloco pode limitar o número de tratamentos (Banzatto; Kronka, 2006).

O modelo matemático referente a este delineamento é definido por: $X_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$, sendo:

X_{ij} = valores observados na parcela que recebeu o tratamento i no bloco j ;

m = média da população;

t_i = efeito do tratamento i aplicado na parcela;

b_j = efeito do bloco j , em que se encontra a parcela;

e_{ij} = efeito dos fatores não controlados na parcela (variação do acaso);

Delineamento em Quadrado Latino

Os ensaios ou experimentos em Quadrados Latinos (DQL) levam em conta o controle local aplicado em dois sentidos. Este delineamento é bastante útil em ensaios de campo com terrenos com gradientes de homogeneidade (ou heterogeneidade) e em dois sentidos, neste caso, ensaios que utilizam maquinaria agrícola para aplicação dos tratamentos. Também é bastante empregado em ensaios com animais. A característica principal em DQL é o número de linhas serem igual ao número de colunas, assim o número de parcelas deve ser um quadrado perfeito (Banzatto; Kronka, 2006).

A representação matemática deste delineamento é: $X_{ijk} = m + c_i + l_j + t_k + e_{ijk}$, sendo:

X_{ijk} = valores observados na parcela que recebeu o tratamento k na coluna i e linha j ;

m = média da população;

c_i = efeito da coluna i na parcela;

l_j = efeito da linha j na parcela;

t_k = efeito do tratamento k ;

e_{ijk} = efeitos dos fatores não controlados na parcela;

Observa-se que a diferença entre os delineamentos univariados segue lógica matemática de aumento no “controle local”. Banzatto e Kronka (2006) ressaltam que o uso do princípio do controle local acarreta redução no número de graus de liberdade do resíduo, sendo desvantajoso. Entretanto, esta desvantagem é compensada pela redução da soma de quadrados do resíduo, e conseqüentemente, da variância residual que mede a precisão do experimento.

Fundamentos e aplicações de esquemas experimentais para modelos univariados

Da mesma forma que os delineamentos estatísticos, a subárea “Microrganismos funcionais” (72%) a mais explorada e que descreveram algum esquema estatístico (Tabela 2). O Esquema Fatorial (EF) foi o mais observado entre os artigos com 34% do total analisado. Os esquemas de Parcela Subdividida e Faixa foram aplicados em 8,7% e 3,6%

respectivamente, e 53,2% dos artigos não apresentaram algum tipo de esquema estatístico (Tabela 2).

Experimentos em Esquemas Fatoriais

Experimentos em Esquemas Fatoriais (EF) são estudos onde mais de um tratamento são analisadas simultaneamente. Nos experimentos fatoriais dois termos devem ser definidos: fator e nível. Um fator é qualquer grupo de tratamento avaliado, enquanto que nível é qualquer uma das subdivisões dentro do fator. Os experimentos fatoriais não constituem um delineamento estatístico e sim um esquema orientado de desdobramento de graus de liberdade do tratamento, sendo instalados em qualquer um dos delineamentos apresentados anteriormente.

Tipo de investigação microbiológica	Esquemas estatísticos				TOTAL
	Fatorial	Parcelas subdivididas	Faixa	Não descrito	
Quantificação	4	5	3	7	19
Atividade	5	0	1	5	11
Diversidade	1	2	0	3	6
Grupos Funcionais	37	5	1	54	97
Outros	0	0	0	1	1
TOTAL	47	12	5	70	134

Tabela 2. Esquemas estatísticos empregados em artigos relacionados à Microbiologia do Solo no Brasil entre os anos de 1999 a 2009.

As principais vantagens deste modelo é o aperfeiçoamento dos recursos empregados na experimentação agrícola (financeiros, mão de obra, espaço físico e etc.), pois permite inferir e concluir amplamente “fatores” empregados e suas possíveis interações. Também é vantagem que todas as parcelas são utilizadas no cálculo dos efeitos principais dos fatores e efeitos das interações, por isso necessita de elevado número de repetições (parcelas).

Apesar de ser um dos esquemas mais utilizados na pesquisa agrônômica, aplicados indiscriminadamente em DBC, pois apresentam desvantagens quanto à análise estatística. Primeiro, os tratamentos são compostos por todas as interações e níveis, assim, o número de tratamentos eleva-se, e muitas vezes, não podem ser distribuídos em blocos completos casualizados, pois interfere na homogeneidade dentro dos blocos. Segundo, a análise estatística é mais trabalhosa e a interpretação dos resultados se torna mais difícil à medida que se aumenta o número de níveis de fatores no experimento (Banzatto; Kronka, 2006).

O modelo matemático que define esquema fatorial pode ser expresso pela seguinte equação: $X_{abr} = m + t_a + t_b + t_{ab} + b_r + e_{abr}$, sendo:

X_{abr} = valor observado na parcela que recebeu o tratamento a e b em r repetição;

m = média da população;

t_a = efeito do tratamento a na parcela;

t_b = efeito do tratamento b na parcela;

t_{ab} = efeito da interação entre os tratamentos ($a \times b$) na parcela;

b_r = efeito do bloco aplicado nos tratamentos, quando existir bloco;

e_{abr} = efeitos dos fatores não controlados na parcela.

Nota-se que neste esquema experimental os graus de liberdade dos tratamentos são desdobrados, assim como, suas possíveis interações.

Experimentos em Esquemas de Parcelas Subdivididas (split-plot)

A principal característica deste delineamento é que parcelas são divididas em partes menores e iguais, denominadas subparcelas que se tornaram a unidade básica para fins de análise estatística. A casualização também é peculiar neste esquema, pois os níveis dos fatores são aleatorizados em dois estágios, ou seja, primeiro se casualiza os níveis de um fator (ou tratamento) nas parcelas; posteriormente, casualiza-se os níveis de outro fator (ou tratamento) nas subparcelas (Banzatto; Kronka, 2006).

Aleatorização, dos fatores e dos níveis, é diferença básica entre o esquema Fatorial e Parcela Subdividida. No primeiro os tratamentos são dispostos casualizados em todas as parcelas, já no segundo, objetiva-se estudar o efeito de um fator (ou tratamento) dentro de outro, assim, tem como consequência, a perda de alguns graus de liberdade. Talvez seja óbvia e redundante tal colocação, porém, é preciso cautela no planejamento experimental e não utilizar um esquema quando o objetivo seria o outro.

Estrutura da análise de variância para um experimento em parcelas subdivididas segue o seguinte modelo matemático (Banzatto; Kronka, 2006): $X_{jkr} = m + t_j + b_r + t_{bjr} + t'_k + tt'_{jk} + e_{jkr}$, sendo:

X_{jkr} = valores observados na parcela que recebeu o tratamento t e t' ;

m = média da população;

t_j = efeito do tratamento t na parcela;

b_r = efeito do bloco r -ésimo, quando existir;

t_{bjr} = efeito do erro para a primeira casualização (parcela);

t'_k = efeito do tratamento t' na subparcela;

tt'_{jk} = efeito da interação do tratamento t e t' ;

e_{jkr} = efeitos dos fatores não controlados na subparcela que será o erro total, pois na análise de variância as subparcelas serão consideradas as unidades de valores.

Experimentos em Esquemas de Faixas (split-block)

Nestes experimentos os tratamentos das subparcelas são casualizados em faixas dentro de cada bloco, ao invés de serem casualizados independentemente em cada parcela. Tem a vantagem de facilitar operações físicas em experimentos de campo, quando necessário testar ambos os fatores em áreas relativamente amplas. Por outro lado, tem a desvantagem de “sacrificar” a precisão dos efeitos principais dos fatores para propiciar

maior precisão na interação (Banzatto; Kronka, 2006).

O modelo matemático pode ser expresso por: $X_{jkr} = m + t_j + b_r + tb_{jr} + t'_k + t'_b_{jr} + tt'_{jk} + e_{jkr}$ sendo:

X_{jkr} = valores observados na parcela que recebeu o tratamento t e t' ;

m = média da população;

t_j = efeito do tratamento t na parcela;

b_r = efeito do bloco r -ésimo;

tb_{jr} = efeito do erro para a primeira casualização (parcela);

t'_k = efeito do tratamento t' na faixa (bloco);

t'_b_{jr} = efeito do erro para segunda casualização na faixa (bloco);

tt'_{jk} = efeito da interação do tratamento t e t' ;

e_{jkr} = efeitos dos fatores não controlados na faixa que será o erro total, pois na análise de variância as faixas serão consideradas as unidades de valores.

Esquemas experimentais também seguem lógica matemática de “controle local”, porém, mais evidente é a aleatorização dos fatores e seus níveis. Importante ressaltar que os esquemas experimentais podem ser aplicados em qualquer delineamento experimental. Comparando os três esquemas apresentados anteriormente, as principais diferenças estão no aumento do número de resíduos e na diminuição dos graus de liberdade do resíduo. O esquema Fatorial apresenta apenas um resíduo e , comparativamente entre os três esquemas, o maior grau de liberdade do resíduo. Já o esquema de Parcelas Subdivididas apresenta dois resíduos, sendo o segundo resíduo relevante a variação total do erro experimental e conseqüentemente menor em relação ao esquema Fatorial. Por último, o esquema de Faixa apresenta três resíduos, sendo o terceiro relevante a variação total do erro experimental e conseqüentemente menor que os dois anteriores.

80

Em considerável número de artigos avaliados as hipóteses e objetivos levantados pelas diferentes subáreas da Microbiologia do Solo necessitam de adequação e aprimoramento nas aplicações estatísticas de planejamento e análises de dados. Nota-se a ausência e até mesmo despreocupação em aplicar corretamente os modelos univariados.

CONCLUSÕES

A pesquisa científica com enfoque na Microbiologia do Solo necessita de aperfeiçoamento em suas aplicações estatísticas. O planejamento e a análises de dados são decisivos para tal melhoria, pois são bases para estudos bem sucedidos.

Pelo período e o periódico escolhido, um percentual relevante dos artigos analisados não apresenta nenhum modelo estatístico univariado, sendo que planejamento estatístico é essencial para os avanços da Microbiologia do Solo.

Mesmo com objetivos exploratórios, é necessário aplicação de planejamento desde os princípios básicos da Estatística Experimental até confirmação das hipóteses levantadas pelo pesquisador através dos modelos matemáticos que conseqüentemente serão analisados por testes específicos.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, H. F., YADA, I. F. U., VASCONCELLOS, M. E. C. Classificação matemático-estatística de variáveis relacionadas a indicadores microbiológicos do solo. 4º Congresso Nacional de Extensão Universitária: Inovações Sustentáveis. Universidade Norte do Paraná. Londrina, out de 2010.
- BRASIL, 2009. Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Último acesso 02 de Julho de 2010.
- CASTRO, A. A. Revisão Sistemática e Meta-análise. Compacta: temas de cardiologia, v. 3, n. 1, p. 5-9, 2001.
- FERREIRA, D. F. Estatística Multivariada. 1ed. Lavras, MG. Ed. UFLA, 2008, 662p.
- FERREIRA, E. P. D. B., DUSI, A. N., XAVIER, G. R., RUMJANEK, N. G. Rhizosphere bacterial communities of potato cultivars evaluated through PCR-DGGE profiles. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 43, n. 5, p. 605-612, 2008.
- HAIR Jr, J. F., ANDERSON, R. D., TATHAM, R. L., BLACK, W. C. trad. SANTA'NNA, A. S., NETO, A. C. Análise multivariada de dados. 5ª Ed. Porto Alegre. Editora Bookman, 2005. 593 p.
- JESSUP, C., FORDE, S. E., BOHANNAN, B. J. M. Microbial experimental systems in ecology. *Advances in Ecological Research*. v. 37. p. 273 – 307, 2005. DOI: 10.1016/S0065-2504(04)37009-1.
- JESUS, E. D. C., MOREIRA, F. D. S., FLORENTINO, L. A., RODRIGUES, M. I. D., OLIVEIRA, M. S. D. Diversidade de bactérias que nodulam siratro em três sistemas de uso da terra da Amazônia Ocidental. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 40, n. 8, p. 769-776, 2005.
- JOHNSON, R., WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. 2nd ed. Prentice-Hall: Entrelinhanational edition, 1988. 607p.
- JUNIOR, F. B. D. R., REIS, V. M., TEIXEIRA, K. R. D. S. Restrição do 16S-23S DNAr intergênico para avaliação da diversidade de *Azospirillum amazonense* isolado de *Brachiaria* spp. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 41, n. 3, p. 431-438, 2006.
- KASSEM, A., NANNIPIERI, P. Methods in Applied Solo Microbiology and Biochemistry. p 1-4. 1995. doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071.
- LEGENDRE, Pierre, LEGENDRE, Louis. Numeral ecology. 2nd English ed. Elsevier, Amsterdam. 1998. 853p.
- LIMA, A. S., PEREIRA, J. P. A. R., MOREIRA, F. M. D. S. Diversidade fenotípica e eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1095-1104, 2005.
- MALUCHE-BARETTA, C. R. D., AMARANTE, C. V. T. D., FILHO, O. K. Análise

multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 41, n. 10, p. 1531-1539, 2006.

MOREIRA, F. M. S., SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2ª ed. atual e ampl. Lavras: Editora UFLA. 2006. 729p.

PERIN, L., BALDANI, J. I., REIS, V. M. Diversidade de *Gluconacetobacter diazotrophicus* isolada de plantas de cana-de-açúcar cultivadas no Brasil. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 39, n. 8, p. 763-770, 2004.

RAMETTE, Alban. Multivariate analyses in microbial ecology. FEMS Microbial Ecology, v. 62, p. 142 – 160. 2007.

RODRIGUES, L. D. S., BALDANI, V. L. D., REIS, V. M., BALDANI, J. I. Diversidade de bactérias diazotróficas endofíticas dos gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* na cultura do arroz inundado. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 41, n. 2, p. 275-284, 2006.

SCIELO BRASIL, 2010. Último acesso em 02 de Julho de 2010. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=0100-204X&lng=pt&nrm=iso

SILVA, L. G. D., MENDES, I. D. C., JÚNIOR, F. B. R., FERNANDES, M. F., MELO, J. T. D., KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 44, n. 6, p. 613-620, 2009.

82 SMYTH, A. J., DUMANSKI, J. FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management. World Resources Reports 73. Land and Water Development Division, FAO, Rome, 77 p. 1993.

SOUZA, L. A. B. D., BONNASSIS, P. P., FILHO, G. N. S., OLIVEIRA, V. L. D. New isolates of ectomycorrhizal fungi and the growth of eucalypt. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 43, n. 2, p. 235-241, 2008.