

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TESE

**Indicadores da Qualidade do Solo em Sistema Orgânico de Café,
Hortaliça, Pasto e Floresta, durante as Estações do Ano.**

Márcio Sampaio Pimentel

2005



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA
ORGÂNICO DE CAFÉ, HORTALIÇA, PASTO E FLORESTA,
DURANTE AS ESTAÇÕES DO ANO**

MÁRCIO SAMPAIO PIMENTEL

Sob a Orientação do Pesquisador
Helvécio De-Polli

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em**
Ciência em Fitotecnia.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2005

631.584

P644i Pimentel, Márcio Sampaio, 1973-

T Indicadores de qualidade do solo em sistema orgânico de café, hortaliça, pasto e floresta, durante as estações do ano/ Márcio Sampaio Pimentel. – 2005. 116f. : il.(algumas color.)

Orientador: Helvécio De-Polli.

Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f.91-102.

1. Agricultura orgânica – Teses. 2. Solo e clima - Teses. 3. Solos - Conservação - Teses. 4. Biologia do solo – Teses. 5. Solos - Qualidade – Teses. I. De-Polli, Helvécio, 1947-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

MÁRCIO SAMPAIO PIMENTEL

Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciência** em Fitotecnia.

TESE APROVADA EM 11/02/2005

Helvécio De-Polli. Ph.D. Pesquisador da Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Adriana Maria de Aquino. Ph.D. Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia

Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues. Ph.D Professora da UENF

Maria Elizabeth Fernandes Correia. Ph.D. Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia

Ricardo Luis Louro Berbara. Ph.D. Professor da UFRRJ

“Faça a lista das dificuldades da vida: doenças, dores, perigos, medos, ódios, preconceitos, guerras, e assim por diante. Há um tipo de pessoa que tem o necessário para enfrentar tudo isso, a pessoa que, com auxílio de Deus, mostra-se à altura de qualquer dessas dificuldades, ou de todas elas: O OTIMISTA DE ÂNIMO RESISTENTE”.

Norman Vicent Peale

“QUANDO O CAMINHO SE FAZ RESISTENTE, FAÇA COM RESISTÊNCIA O CAMINHO”.

Frank Leahy

DEDICATÓRIA

À força interna que existe em cada um de nós e que muitas vezes não a vemos.

À dedicação com que nos doamos para tomar caminhos difíceis e tortuosos.

À abdicação que fazemos a tantos prazeres e alegrias em prol de um objetivo central que exige total devoção.

À fé “quase” cega em nós mesmos que nos fornece o combustível propulsor.

Ao nosso Deus invisível, porém tangível, que nos acalenta e tranquiliza nos momentos mais complicados e difíceis.

A todos que de certa forma torceram a favor, e mesmo, aos que torceram contra.

A Taíssa uma pessoa muito especial.

Aos meus pais Isnard e Rita, irmãos, cunhada e sobrinhos.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Agrobiologia, pelo apoio em todas as etapas de execução do projeto e pela cessão de áreas para experimentação.

Ao pesquisador Dr Helvécio De-Polli, pela paciência, oportunidade, atenção, sabedoria e amizade prestadas em mais um trabalho.

À minha família e namorada pela paciência e confiança.

Ao amigo Luís Aguiar que gentilmente cedeu seu experimento em Avelar para as análises e a Pesagro-Rio.

À Embrapa Gado de Leite que gentilmente cedeu espaço para o desenvolvimento do trabalho, bem como suporte logístico.

Aos técnicos do Laboratório de Solos: Flávio Lajes, Selmo Oliveira e Roberto Andrade e de Nitrogênio: Altiberto da Embrapa Agrobiologia.

À equipe da biblioteca: Dorimar dos Santos Félix e Jorge Motônio.

Às pesquisadoras Adriana Maria de Aquino, Maria Elisabeth Corrêa, Marta dos Santos Freire Ricci e Janaína Ribeiro da Costa pelo auxílio com os trabalhos.

À secretaria do Curso de pós-graduação em Fitotecnia e aos professores e funcionários da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro que demonstraram dedicação, solicitude e amizade no convívio profissional.

À FAPERJ pelo suporte financeiro deste trabalho.

A Deus, pela oportunidade de crescimento interior e profissional e por proporcionar saúde e muita força de vontade para vencer uma difícil etapa da vida.

BIOGRAFIA

Márcio Sampaio Pimentel, filho de Isnard Souza Pimentel e Rita Santos Sampaio Pimentel, nasceu na cidade do Rio de Janeiro (RJ), em 08 de agosto de 1973. Em 1994, ingressou no curso de agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Iniciou seus trabalhos de pesquisa como bolsista de Iniciação Científica financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) na Embrapa Agrobiologia em 1996, sob orientação da Doutora Norma Gouvêa Rumjanek, e de 1997 a 1998 com o Doutor Helvécio De-Polli. Diplomou-se no primeiro semestre do ano de 1998 como engenheiro agrônomo e Mestre em Fitotecnia da UFRRJ, sob a orientação do pesquisador Doutor Helvécio De-Polli, em fevereiro de 2001. Em abril do mesmo ano, iniciou o curso de Doutorado, que veio a concluir em fevereiro de 2005. Neste mesmo mês e ano foi aprovado em concurso para professor substituto de agricultura na Escola Federal Agrotécnica de Araguatins (EAFA).

SUMÁRIO

	Página
1. Introdução Geral	1
2. Revisão de literatura	2
2.1. A cultura do café	2
2.1.1. Distribuição geográfica do café no Brasil	2
2.1.2. As espécies de café no Brasil	2
2.1.3. Principais produtores de café	3
2.2. Perspectivas na agricultura	3
2.3. Indicadores do solo.	4
2.3.1. Químicos e físicos	4
a) C orgânico e N-total	4
b) Nutrientes	5
c) Densidade do solo	6
2.3.2. Biológicos	6
a) Biomassa microbiana do solo	7
b) Respiração basal do solo	8
c) Quociente microbiano	8
d) Quociente metabólico	9
e) Macrofauna edáfica	9
2.4. Associações entre macrofauna e microflora	10
Capítulo I Indicadores químicos, físicos e microbiológicos em sistema orgânico de café, hortaliça, pastagem e floresta	11
1. Introdução	12
2. Resumo	13
3. Abstract	14
4. Material e Métodos	15
5. Resultados e Discussão	20
Ensaio 1 Avelar	20
Ensaio 2 Santa Mônica	38
6. Conclusões	54
Capítulo II Atributos microbiológicos e da macrofauna edáfica em solo de cafezal orgânico, hortaliças, pastagem e floresta	55
1. Introdução	56
2. Resumo	57
3. Abstract	58
4. Material e Métodos	59
5. Resultados e Discussão	63
Ensaio 1 Avelar	63
Ensaio 2 Santa Mônica	76
6. Conclusões	89
Conclusões Finais	90
Referências bibliográficas	91

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo I Indicadores químicos, físicos e microbiológicos em sistema orgânico de café, hortaliça, pastagem e floresta

Tabela 1. Valores dos três componentes principais (Y_1 e Y_2) para os tratamentos em estudo referentes às combinações entre os tratamentos e as estações climáticas. Os valores entre parênteses correspondem à ordenação decrescente dos tratamentos para Y_1 e Y_2 .	21
Tabela 2. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante o verão e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.	22
Tabela 3: Conjunto das variáveis originais utilizados para a ACP do capítulo 1 em Avelar (valores médios).	24
Tabela 4. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante o outono e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.	26
Tabela 5. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante o inverno e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.	28
Tabela 6. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante a primavera e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.	30
Tabela 7. Teste de média do nível de pH, cálcio + magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo), fósforo (mg kg^{-1} de solo), potássio (mg kg^{-1} de solo), relação Ca:Mg, sódio (meq L^{-1}) e CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo) durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 nos tratamentos café com 1 linha de guandu; café com 2 linhas de guandu; café com 3 linhas de guandu; café a pleno sol; cultura anual e floresta, situados no distrito de Avelar, município de Paty do Alferes.	32
Tabela 8. Teste de média para o nível de alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo) e acidez potencial ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo) durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 nos tratamentos café com 1 linha de guandu; café com 2 linhas de guandu; café com 3 linhas de guandu; café a pleno sol; cultura anual e floresta, situados no distrito de Avelar, município de Paty do Alferes.	34
Tabela 9. Teste de média biomassa microbiana do solo (mg C kg solo^{-1}), respiração basal do solo ($\text{mg C-CO}_2 \text{ kg solo h}^{-1}$), quociente metabólico ($\text{mg C-CO}_2 \text{ g Cmic.h}^{-1}$) e quociente microbiano ($\text{mg Cmic 100mg Corg}^{-1}$) durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 nos tratamentos café com 1 linha de guandu; café com 2 linhas de guandu; café com 3 linhas de guandu; café a pleno sol; cultura anual e situados no distrito de Avelar, município de Paty do Alferes.	35
Tabela 10. Teste de média do %N, %C e densidade aparente do solo (g cm^{-3}) durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 nos tratamentos café com 1 linha de guandu; café com 2 linhas de guandu; café com 3 linhas de guandu; café a pleno sol; cultura anual e floresta, situados no distrito de Avelar, município de Paty do Alferes.	37
Tabela 11. Valores dos três componentes principais (Y_1 e Y_2) para os tratamentos em estudo referentes às combinações entre os tratamentos e as	39

estações climáticas. Os valores entre parênteses correspondem a ordenação decrescente dos tratamentos para Y_1 e Y_2 .	
Tabela 12. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante o outono e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.	40
Tabela 13. Conjunto das variáveis originais utilizados para a ACP em Santa Mônica (valores médios).	42
Tabela 14. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante o inverno e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.	43
Tabela 15. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante a primavera e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.	45
Tabela 16. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante o verão e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.	47
Tabela 17. Teste de média do nível de pH, cálcio + magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de solo), fósforo (mg kg^{-1} de solo), potássio (mg kg^{-1} de solo), relação Ca:Mg, sódio (meq L^{-1}) e CTC ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de solo) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 nos tratamentos Catuaí com adubação verde, Catuaí sem adubação verde; Icatu com adubação verde; Icatu sem adubação verde, pastagem e floresta, situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã, município de Valença.	49
Tabela 18. Teste de média biomassa microbiana do solo (mg C kg solo^{-1}), respiração basal do solo ($\text{mg C-CO}_2 \text{ kg solo h}^{-1}$), quociente metabólico ($\text{mg C-CO}_2 \text{ g Cmic.h}^{-1}$) e quociente microbiano ($\text{mg Cmic 100mg Corg}^{-1}$) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 nos tratamentos Catuaí com adubação verde, Catuaí sem adubação verde; Icatu com adubação verde; Icatu sem adubação verde, pastagem e floresta, situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã, município de Valença.	50
Tabela 19. Teste de média para o nível de alumínio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de solo) e acidez potencial ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de solo) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 nos tratamentos Catuaí com adubação verde, Catuaí sem adubação verde; Icatu com adubação verde; Icatu sem adubação verde, pastagem e floresta, situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã, município de Valença.	52
Tabela 20. Teste de média do %N, %C e densidade aparente do solo (g cm^{-3}) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 nos tratamentos Catuaí com adubação verde, Catuaí sem adubação verde; Icatu com adubação verde; Icatu sem adubação verde, pastagem e floresta, situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã, município de Valença.	53

Capítulo II Atributos microbiológicos e da macrofauna edáfica em solo de cafezal orgânico, hortaliças, pastagem e floresta

Tabela 1. Explicação obtida pelos eixos de correlação para as variáveis analisadas.	63
Tabela 2: Densidade da macrofauna do solo (ind m^{-2}) sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 na estação experimental de Avelar no município de Paty do Alferes/RJ.	63

Tabela 3: Riqueza média da macrofauna do solo sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 situados no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.	64
Tabela 4. Densidade total da macrofauna edáfica obtida nos tratamentos durante as estações do ano.	66
Tabela 5. Biomassa microbiana do solo (mg C kg solo^{-1}) sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.	68
Tabela 6. Quociente microbiano do solo ($\text{mg Cmic } 100\text{mg Corg}^{-1}$) sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.	68
Tabela 7. Respiração basal do solo ($\text{mg C-CO}_2 \text{ kg solo h}^{-1}$) sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.	69
Tabela 8. Quociente metabólico do solo ($\text{mg C-CO}_2 \text{ g Cmic.h}^{-1}$) sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.	69
Tabela 9. Explicação obtida pelos eixos de correlação para as variáveis analisadas.	76
Tabela 10: Densidade da macrofauna do solo (ind m^{-2}) e a densidade total avaliada durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 na fazenda Santa Mônica em Valença/RJ.	76
Tabela 11: Riqueza da macrofauna do solo avaliadas durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 e situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã no município de Valença.	77
Tabela 12. Densidade total da macrofauna edáfica durante as estações climáticas na Fazenda Santa Mônica.	78
Tabela 13: Biomassa microbiana do solo (mg C kg solo^{-1}) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 na fazenda Santa Mônica no município de Valença.	80
Tabela 14: Respiração basal do solo ($\text{mg C-CO}_2 \text{ kg solo h}^{-1}$) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 na fazenda Santa Mônica no município de Valença.	81
Tabela 15: Quociente metabólico do solo ($\text{mg C-CO}_2 \text{ g Cmic.h}^{-1}$) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 na fazenda Santa Mônica no município de Valença.	81
Tabela 16: Quociente microbiano do solo ($\text{mg Cmic } 100\text{mg Corg}^{-1}$) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 na fazenda Santa Mônica no município de Valença.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I Indicadores químicos, físicos e microbiológicos em sistema orgânico de café, hortaliça, pastagem e floresta	
Figura 1. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referente aos meses das coletas realizadas na Estação experimental de Avelar.	18
Figura 2. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referente aos meses das coletas realizadas na Estação experimental em Santa Mônica	19
Figura 3. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o verão de 2002 em Avelar.	23
Figura 4. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o outono de 2002 em Avelar.	27
Figura 5. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o inverno de 2002 em Avelar.	29
Figura 6. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante a primavera de 2002 em Avelar.	31
Figura 7. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o outono de 2002 em Santa Mônica.	41
Figura 8. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o inverno de 2002 em Santa Mônica.	44
Figura 9. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante a primavera de 2002 em Santa Mônica.	46
Figura 10. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o verão de 2002 em Santa Mônica.	48
Capítulo II Atributos microbiológicos e da macrofauna edáfica em solo de cafezal orgânico, hortaliças, pastagem e floresta	
Figura 1. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referente aos meses das coletas realizadas na Estação experimental de Avelar.	61
Figura 2. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referente aos meses das coletas realizadas na Estação experimental em Santa Mônica	61
Figura 3: Gráfico da análise de correspondência entre macrofauna do solo; atributos microbianos e os tratamentos utilizados em Avelar. Dados referentes ao verão.	71
Figura 4: Gráfico da análise de correspondência entre macrofauna do solo; atributos microbianos e os tratamentos utilizados em Avelar. Dados referentes ao outono.	72
Figura 5: Gráfico da análise de correspondência entre macrofauna do solo; atributos microbianos e os tratamentos utilizados em Avelar. Dados referentes ao inverno.	73
Figura 6: Gráfico da análise de correspondência entre macrofauna do solo; atributos microbianos e os tratamentos utilizados em Avelar. Dados referentes à primavera.	74
Figura 7: Gráfico da análise de correspondência entre macrofauna do solo; atributos microbianos e os tratamentos utilizados em Santa Mônica. Dados referentes ao outono.	83

Figura 8: Gráfico da análise de correspondência entre macrofauna do solo; atributos microbianos e os tratamentos utilizados em Santa Mônica. Dados referentes ao inverno.	84
Figura 9: Gráfico da análise de correspondência entre macrofauna do solo; atributos microbianos e os tratamentos utilizados em Santa Mônica. Dados referentes à primavera.	85
Figura 10: Gráfico da análise de correspondência entre macrofauna do solo; atributos microbianos e os tratamentos utilizados em Santa Mônica. Dados referentes ao verão.	87

ANEXOS

	Página	
Anexo 1	Definições de alguns produtos utilizados	103
Anexo 2	Correlações entre as variáveis analisadas em Avelar	105
Anexo 3	Correlações entre as variáveis analisadas em Santa Mônica	108
Anexo 4	Resultado da coleta de macrofauna, em indivíduos por m ² , na primavera de 2001 em Santa Mônica (tempo zero).	110
Anexo 5	Fotos dos experimentos	111

RESUMO GERAL

PIMENTEL, MÁRCIO SAMPAIO. **Indicadores da qualidade do solo em sistema orgânico de café, hortaliça, pasto e floresta, durante as estações do ano.**

Seropédica: UFRRJ, 2005. 117p. (Tese, Doutorado em Fitotecnia).

A agricultura atual tem buscado conciliar o desenvolvimento com a exploração mais racional dos recursos naturais. É importante dispor de mecanismos que possam diagnosticar, em função do manejo do solo, alterações na qualidade do solo. O uso de indicadores de qualidade do solo é uma ferramenta de grande potencial, quando se trata de avaliar impactos causados pela agricultura diretamente sobre os recursos. O objetivo do trabalho foi acompanhar as variações de atributos químicos, físicos e biológicos durante um ano agrícola e em cada estação climática, em dois experimentos distintos situados na Estação da Pesagro-Rio, em Avelar no Município de Paty do Alferes/RJ e na Fazenda Santa Mônica no Município de Valença/RJ. Em Avelar havia seis tratamentos: solos de cafezais submetidos a três espaçamentos com guandu (*Cajanus cajan*) nas entrelinhas e um em pleno sol, cultura de ciclo curto (pimentão e feijão vagem) e floresta. Em Santa Mônica, solos com duas cultivares de café (catuaí vermelho e icatu amarelo) com e sem adubação verde (*Crotalaria spectabilis*), pastagem e floresta. Amostras de solo foram coletadas durante as estações do ano. Em Avelar as variáveis com maior poder discriminatório foram relação Ca:Mg, biomassa microbiana, pH, cálcio+magnésio, potássio, sódio e quociente microbiano. A acidez potencial e os maiores teores de pH, cálcio+magnésio, relação Ca:Mg, fósforo, potássio e sódio estiveram correlacionados, respectivamente, à floresta e à cultura de ciclo curto. A fertilidade de solos cultivados com cafeeiros situou-se intermediariamente entre cultura de ciclo curto e floresta. O verão foi a estação mais favorável a macrofauna, quando foram obtidos os melhores índices de densidade e riqueza. Oligochaeta esteve associado aos cafezais com guandu; cafezal em pleno sol à família Formicidae e floresta foi marcada pela presença de macrofauna saprófaga. Cultura de ciclo curto apresentou maior correlação à biomassa microbiana e quociente microbiano, apesar da menor densidade e riqueza. Em Santa Mônica a acidez potencial correlacionou-se à floresta e pastagem, enquanto pH, cálcio+magnésio, fósforo e potássio correlacionaram-se aos cafezais. A fertilidade de solos cultivados com cafeeiros situou-se em uma faixa superior à pastagem e floresta. A respiração basal e o quociente metabólico correlacionaram-se à floresta em todas as estações. A biomassa microbiana e o quociente microbiano apresentaram maiores níveis em catuaí com adubação verde. As variáveis pH, acidez potencial, cálcio+magnésio, potássio, quociente metabólico, quociente microbiano e biomassa microbiana foram mais discriminatórias. O outono foi a estação mais favorável à macrofauna. A densidade e a riqueza foram maiores em floresta, enquanto em pastagem foram menores. Orthoptera e Blattodea associaram-se à adubação verde e Oligochaeta e Chilopoda à floresta. As correspondências, apesar da variação, mostram que a presença da matéria orgânica aumenta a população e a ocorrência de grupos saprófagos e predadores. Floresta associou-se à acidez potencial, %N, %C e macrofauna saprófaga. A macrofauna foi inversamente proporcional à biomassa microbiana e o quociente microbiano em cultura de ciclo curto, tendo a pastagem apresentado mesmo padrão de resposta que a floresta. A macrofauna saprófaga (Blattodea) e consumidora primária (Orthoptera) associaram-se ao adubo verde.

Palavras chave: atributos microbiológicos, macrofauna edáfica, sistema orgânico.

GENERAL ABSTRACT

PIMENTEL, MÁRCIO SAMPAIO. **Seasonal variations of soil quality indexes under organic coffee, vegetables, pasture and forest.** Seropédica: UFRRJ, 2005. 116p. (PhD. thesis),

Modern agriculture has been trying to conciliate development with more rational use of natural resources. Different soil management systems can cause modification on soil quality. Hence, methodologies to detect these differences are needed. Soil quality indexes are tools with great potential to evaluate these impacts. This work was set up to perform a follow up of variations on some of these soil indexes in two different locations, during a whole year: the Experimental Station of Pesagro-Rio, in Avelar District, Municipality of Paty of Alferes, Rio de Janeiro (RJ), Brazil and in Santa Mônica Farm of Embrapa Dairy Cattle Center, Municipality of Valença (RJ). The following soil covers were present in Avelar: coffee, with three row spacings and intercropped with pigeon pea (*Cajanus cajan*) and one treatment without the legume; short-cycle crops (bell peppers and snap beans) and an area of forest. In Santa Mônica the soil covers were: two cultivars of coffee (Red cCatuaí and Yellow Icatu) with and without green manure (*Crotalaria spectabilis*) as well as areas under pasture and forest. Soil samplings were conducted for each season. The variables with larger discriminatory power, in Avelar, were Ca:Mg ratio, microbial biomass, pH, contents of Ca+Mg, K and Na, and microbial quotient. Potencial acidity and the higher levels of pH, Ca:Mg ratio, content of Ca+Mg, P, K, and Na were correlated, respectively, to the forest and short-cycle crops. Soil fertility from the coffee area showed an intermediate level between short-cycle crops and forest. Summer was the most favorable season for macrofauna, when the best indexes of density and richness were obtained. Oligochaeta was closely associated to coffee cropped with pigeon pea; coffee without pigeon pea was correlated with Formicidae and forest showed large presence of saprophagous macrofauna. Short-cycle crops showed higher correlation with microbial biomass and microbial quotient, in spite of its smallest density and richness. Potencial acidity correlated to the forest and pasture in Santa Mônica, while pH, Ca+Mg content, P, and K were correlated to coffee area. Soil fertility under coffee was higher than under pasture and forest. Basal respiration and the metabolic quotient were correlated to forest in all seasons. Microbial biomass and microbial quotient presented larger availability in Catuaí with green manure. The variables pH, potencial acidity, content of Ca+Mg and K, metabolic quotient and microbial biomass were the most discriminatory. Autumn was the most favorable season to soil macrofauna, density and richness was higher in forest and lower in pasture. Orthoptera and Blattodea were associated to the treatments that received green manure and Oligochaeta and Chilopoda to the forest. The correspondence, in spite of the variability, shows that the presence of organic matter increases population and occurrence of saprophagous and predator groups. Potencial acidity, %N, %C and macrofauna were correlated to the forest. Short-cycle crops presented levels of macrofauna inverse to microbial biomass and microbial quotient, while pasture presented the same response to the forest. Saprophagous macrofauna (Blattodea) and primary consumers (Orthoptera) correlated to green manure.

Key words: microbiological attributes, edafic macrofauna, organic system.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Para KHATOUNIAN (1997), o que fundamentalmente não foi assimilado pelo agricultor brasileiro, é que a agricultura é a arte de manejar o ciclo do C na natureza e que a maior parte do decaimento das condições de produção está na baixa produção de biomassa dos sistemas implantados. A queda da produção está associada ao manejo inadequado do solo, gerando problemas diversos como erosão, assoreamento de rios, poluição do solo, eutrofização dos recursos hídricos e salinização. O adequado manejo do solo é, portanto, uma premissa básica para sua exploração sustentável. Por outro lado, é necessário dispor de atributos que possam auxiliar na avaliação da qualidade dos solos. Não sendo possível, negligenciar que fatores climáticos exercem influência principalmente, pelas taxas de pluviosidade, temperatura e evaporação que oscilam ao longo do ano em função da estação climática. E como se sabe, esses fatores são muito importantes para o crescimento e desenvolvimento de inúmeras formas de vida; disponibilidade de nutrientes e crescimento vegetal.

Em grande parte dos estudos, a fertilidade do solo é vista tão somente pela análise química fornecida pelos laboratórios de análise de solo credenciados. Pouca, ou nenhuma, atenção é dada ao componente biológico, fração do solo responsável pela dinâmica da matéria orgânica e pela finalização de diversos ciclos biogeoquímicos de elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento vegetal. A parte biológica é dinâmica e facilmente afetada pelo manejo (KIMPE & WARKENTIN, 1998). Na verdade, é a interação entre agentes químicos, físicos e biológicos que regulam grande parte das condições requeridas pelo vegetal e que moldam a fertilidade do solo, pois é a partir de relações harmônicas existentes entre si, que um solo poderá ou não demonstrar sua capacidade produtiva. Para PANKHURST & LYNCH, (1994), microrganismos e macrofauna edáfica são capazes de modificar propriedades físicas e químicas do solo, sendo assim, agentes capazes de afetar a qualidade do solo.

As práticas de manejo adotadas (adubação, calagem, aplicação de agroquímicos, pastoreio, tráfego de máquinas e implementos, tipo de cobertura do solo e etc.) e o clima (regime pluviométrico, insolação, umidade, vento e temperatura) exercem influência direta sobre as respostas dos atributos. Os fatores climáticos governam e estabelecem respostas, principalmente, de fatores biológicos. Deste modo, o postulado por SWIFT et al., (1979) é coerente, pois de acordo com os autores, a decomposição é governada pelas características do solo, atividade da fauna e microrganismos e pelo clima. A umidade é um dos fatores mais determinantes, regulando a atividade microbiana de várias maneiras; a aeração também, pois a alteração na constituição do ar do solo governa o crescimento e a atividade microbiana, enquanto a temperatura do solo, por sofrer variações diárias e sazonais, principalmente nos horizontes superficiais, influi na atividade microbiana (TSAI et al., 1992). Processos de transformações em solos são regulados fortemente por fatores abióticos, tais como pH e temperatura (ANDERSON et al., 2000).

É necessário buscar novas formas de compreensão de fertilidade do solo. Este trabalho, de cunho essencialmente exploratório, objetivou com auxílio da análise de componentes principais e análise de correspondência, formar relações consistentes entre agentes biológicos, químicos e físicos, para expressar de modo mais claro as relações de interdependência entre esses atributos quando submetidos a diferentes práticas de manejo e cobertura do solo durante um ano agrícola e em cada estação climática.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A cultura do café

O Brasil tem no mínimo 1.700 municípios cafeeiros; 2,8 milhões de hectares plantados e aproximadamente 10 milhões de pessoas envolvidas direta ou indiretamente com o café tendo exportado em 1999, 23 milhões de sacas (MENDES & GUIMARÃES, 1997; AGRICULTURAL, 2001). O parque cafeeiro do Brasil é constituído por cerca de quatro bilhões de plantas suscetíveis a um grande número de doenças, as quais podem causar diversos níveis de perda (MANSK, 1990; ZAMBOLIM et al., 1997).

A exportação brasileira do café começou a crescer a partir de 1816. Na década de 1830-40 o produto assumiu a liderança das exportações do país, com mais de 40% do total; o Brasil tornou-se em 1840 o maior produtor mundial de café. Na década 1870-80 o café passou a representar até 56% do valor das exportações; no final do século XIX já representava 65% do valor das exportações do país, chegando a 70% em 1920. Esse período ficou conhecido como o ciclo do café e que durou até 1930

Contudo, o “crack” da Bolsa de Nova York (1929) forçou a queda brusca no preço internacional do café (que caiu em 1930, para pouco mais que a metade de seu valor em 1928). Desde os anos 50, a importância do café para a economia brasileira tem decrescido sensivelmente e desde o início dos anos 80, responde por cerca de 10% do valor total das exportações brasileiras. Apesar disso, o café é ainda um dos principais produtos exportados pelo país. Em 1996 o consumo mundial superou a barreira das 100 milhões de sacas. E em 1997 arrecadaram-se quase três bilhões de dólares com exportações, quando a Alemanha superou os EUA como maior importador.

2.1.1. Distribuição geográfica do café no Brasil

A importância econômica do café refletiu-se na sua expansão geográfica. No início, difundiu-se pelo Vale do Paraíba (Rio de Janeiro e São Paulo), Sul de Minas e Espírito Santo. Depois, atingiu Campinas-SP; dali expandiu-se para Ribeirão Preto e Araraquara, e passou, mais tarde, para as regiões de terra roxa do Norte do Paraná e Mato Grosso. Após a grande geada de 1975, houve um deslocamento das principais zonas produtoras do Norte do Paraná para áreas de clima mais favorável, como o sul de Minas Gerais e o interior capixaba.

Os principais estados produtores de café no Brasil são: Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Espírito Santo, Bahia e Rondônia. Outros estados também produzem, no entanto, seu percentual ainda é baixo se comparado aos estados supracitados, e entre eles estão: Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Acre.

2.1.2. As espécies de café no Brasil

O País produz os mais variados tipos de grãos e obtém todas as qualidades de bebida, ao contrário de outros países produtores. As espécies de café arábica e robusta dominam a cafeicultura brasileira. De acordo com José Braz Matiello, pesquisador do Procafé (Programa de Café do Ministério da Agricultura), cerca de 26% do parque cafeeiro do Brasil é ocupado pela espécie robusta. Isso representa cerca de 1,1 bilhão

de pés de café, de um total de aproximadamente cinco bilhões. Portanto, a espécie arábica ocupa 74% do parque cafeeiro nacional, com quase quatro bilhões de pés plantados.

Da espécie robusta, a única variedade cultivada é o Conillon. No entanto, na espécie arábica, existe um grande número de variedades. As duas variedades mais cultivadas no Brasil são o catuaí, com aproximadamente 60% do total, e o Mundo Novo, com cerca de 35%. O restante é formado por variedades que foram introduzidas nos últimos anos e que são resistentes a doenças. Dentre essas variedades estão o icatu, obatã, catucaí, entre outras.

2.1.3. Principais produtores de café

O Brasil é o maior produtor de café no mundo e de acordo com a estimativa para a safra 2000/2001, feita pela Conab/Embrapa, o País teve uma produção de 27,49 milhões de sacas de café. Como segundo maior produtor, o Vietnã obteve um volume de 12,5 milhões segundo o USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos). Já a Colômbia produziu 11,4 milhões de sacas. Outros três países, que estão entre os maiores produtores são: Indonésia (com 6,2 milhões de sacas), Guatemala (com 4,9 milhões de sacas) e Costa do Marfim (com 4,7 milhões de sacas).

2.2. Perspectivas na agricultura

Após mais de quarenta anos da revolução verde, percebeu-se que fertilidade do solo está bem além da simples necessidade química das plantas cultivadas. Cientistas do solo estão construindo um novo paradigma, onde a fertilidade do solo é controlada principalmente, pela atividade da biota que habita a matriz organo-mineral do solo (FRAGOSO et al., 1999). Os fertilizantes químicos respondem por um terço da energia consumida na agricultura, a redução no seu uso é, portanto, um meio importante de se conservá-la. Em muitas regiões industrializadas, o uso de fertilizantes químicos alcançou um estágio no qual aplicações adicionais não mais elevam as safras e metade do aplicado é perdida por lixiviação e escoamento superficial. Apesar de elevarem a produção, criaram-se problemas ambientais e de saúde, contaminando alimentos, animais, água e o homem. Estimativas indicam que menos de 0,1% do pesticida aplicado atinge o alvo nas plantações, enquanto o restante fica no ambiente. Seu uso descontrolado pode formar indivíduos resistentes ao princípio ativo e tornar praga, espécies anteriormente não prejudiciais (CORSON, 2002). Práticas de manejo convencionais provocam ainda, perdas consideráveis de solo. GALETI (1984) cita o exemplo do Estado de São Paulo, onde 80% da área cultivada sofrem processo de desgaste profundo, perdendo 194 milhões de toneladas de terra ao ano.

A energia fóssil é outro ponto de discussão, pois a agricultura moderna e tecnificada são altamente dependentes deste insumo. Os fertilizantes utilizam grande quantidade para sua fabricação juntamente com as máquinas. Nos EUA, poderia se reduzir em 50% o uso de combustível fóssil em 1 acre de milho, utilizando práticas de rotações de culturas e substituindo fertilizantes químicos por naturais, controlando a erosão e outros (CORSON, 2002).

Como se percebe, é preciso expandir a agricultura com baixo nível de insumos e aumentar a confiança em aplicações de informações e conhecimento ecológicos relacionados à agricultura é bastante importante, para assim substituir características dos sistemas de produção de alta aplicação de insumos: fertilizantes, pesticidas, herbicidas e combustíveis fósseis. Métodos conservacionistas enfatizam práticas tais como: rotação de culturas, conservação da lavoura e reciclagem de excrementos dos

animais para controlar a erosão e a perda dos nutrientes do solo e para manter ou melhorar a produtividade do solo (CORSON, 2002).

A agricultura deverá se ater, e dedicar-se mais incisivamente, com preocupações ambientais no futuro próximo. A idéia de que o solo é apenas um substrato, cuja função principal é fornecer nutrientes, água e suporte físico tão simplesmente, deverá ser reavaliada, pois o componente biológico do solo é parte dinâmica e atuante para a realização de muitas funções necessárias ao bom desempenho vegetativo, que é a motivação do profissional de ciências agrárias.

A parte microbiológica e a macrofauna edáfica são exemplos de componentes bióticos importantes para a agricultura. Neste sentido, existem evidências consideráveis de que a atividade da macrofauna aumenta a produtividade agrícola nos trópicos, particularmente, no caso de minhocas e cupins (LAVELLE, 1994). Em Burkina Faso, por exemplo, a fragmentação de resíduos orgânicos foi fortemente influenciada pela atividade dos cupins (MANDO & BRUSSAARD, 1999).

As etapas de mineralização de nutrientes são realizadas pela atividade microbiológica do solo, que permite que haja a mineralização dos elementos químicos tão essenciais ao desenvolvimento vegetal, e para isso, é necessário que a microbiologia do solo seja suficientemente ativa, de modo que diversos ciclos sejam concluídos (C, N, P, S e outros). A cadeia trófica existente entre a fauna e a atividade microbiana tem sido amplamente documentada: CRAGG & BARDGETT (2001) citam que numerosos estudos relatam como a fauna do solo pode afetar a biomassa microbiana do solo e a atividade da comunidade microbiana, quer seja pela seleção alimentar em bactérias e fungos, quer seja pela disseminação de propágulos microbianos e alteração da influência de nutrientes. Normalmente, o efeito que se exerce é o aumento da atividade microbiana pela excreção de resíduos ricos em nutrientes. Estudos indicam correlação entre a atividade microbiana e o número de isópodos no solo (ZIMMER & TOPP, 1999) e fezes de animais saprófagos são rapidamente colonizadas pela população microbiana (HASSALL et al., 1987; DANIEL & ANDERSON, 1992).

Para SWIFT et al., (1979), a decomposição é governada pelas características do solo; atividade da fauna e microrganismos e pelo clima. Neste sentido, muitos esforços têm sido empregados para compreender o papel e as interações da fauna do solo com fatores abióticos (LAVELLE, 1996). WHALEN et al., (1998) observou ainda que flutuações sazonais de minhocas têm sido atribuídas às mudanças na temperatura, umidade e cultivo do solo.

2.3. Indicadores do solo

2.3.1. Químicos e físicos

a) C orgânico e N-total

LAL et al., (1998), propuseram um modo de indexar a qualidade do solo baseado entre outros fatores, na dinâmica do C org do solo. O manejo do teor de C org aumenta a qualidade do solo e é crucial para atender uma agricultura sustentável baseado em práticas agrícolas, ela tem um forte potencial de mitigar os efeitos dos gases-estufa pelo seqüestro de C nos solos e na biomassa. SALINAS-GARCIA et al., (1997), sugeriram que o principal fator limitante para a comunidade microbiana é a disponibilidade de C. ALVAREZ et al., (1995) correlacionaram a disponibilidade de C org com mudanças na BMS e da RBS ao longo do perfil do solo, o mesmo detectado por VARGAS & SCHOLLES (2000) onde a disponibilidade de C org foi

possivelmente, o fator determinante das diferenças na concentração da BMS, que deve ter sido estimulada pela maior disponibilidade de C org na superfície do solo.

O C org tem forte relação com a quantidade de BMS, JENKINSON & LADD (1981) quantificaram em 2 a 5% a participação da BMS no C org do solo. Para WARDLE (1992), em florestas de clima temperado, este valor estaria entre 1,5 a 2% do C org total e para FEIGL et al., (1995) de 3 a 4%, em florestas tropicais. Em seus trabalhos, ZAK et al., (1993) obtiveram uma relação linear entre o C org, a BMS e a precipitação anual. Em um estudo feito na América do Sul por HOMANN & GRIGAL (1996), foi avaliado o C org do solo de área de reserva, sob diferentes coberturas vegetais (pasto, mata e área agrícola abandonada). Percebeu-se que o seu teor foi maior em áreas de floresta do que nas outras, principalmente no horizonte O e na camada de 010 cm. O uso de esterco animal também contribui para o aumento do teor de C org no solo, como foi citado por DRINKWATER et al., (1998). Estes autores investigaram três sistemas de produção distintos, conduzidos convencionalmente, com esterco bovino e incorporação de leguminosas. Perceberam que grande quantidade do C retido no solo se deve ao esterco já estar parcialmente decomposto e conter grande quantidade de compostos orgânicos quimicamente recalcitrantes, que auxiliam no seqüestro de C no solo. JÚNIOR & MELO (1999) detectaram teores de C org e BMS muito semelhantes entre área de mata natural e pastos de 20 e 25 anos, o mesmo não acontecendo em cultivo convencional onde se detectou reduções entre 54 a 81%.

Estudos indicam a importância dos atributos químicos para determinar a qualidade do aporte orgânico e a disponibilidade de nutrientes (PALM et al., 2001). O teor de N-total do solo é um atributo que combinado ao C orgânico possibilita inferir mais acerca da fertilidade do solo. LEITE et al., (2003) avaliando estoques de carbono e seus compartimentos em um Argissolo sob floresta, observaram que os conteúdos de C orgânico total e N-total eram maiores do que os sistemas de cultivo onde era adicionado composto orgânico, apesar do aumento do estoque de ambos em solo adubado com composto orgânico. O mesmo resultado foi observado por PIMENTEL (2001) quando comparou floresta secundária, pastagem e doses crescentes de composto orgânico em consórcio de alface-cenoura.

b) Nutrientes

A qualidade do solo é um conceito bastante questionado por cientistas da área, contudo, a melhor definição de qualidade do solo, e a mais bem aceita, é aquela proposta por DORAN & PARKIN (1994), a qual é definida como sendo a capacidade em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra. Dessa forma, as práticas de manejo do solo influem diretamente sobre a fertilidade química do solo, principalmente nos teores de Ca, Mg, K e P, elementos essenciais ao desenvolvimento vegetal. Diversos estudos têm sido realizados visando melhor entendimento das relações entre o manejo e a disponibilidade de nutrientes (SAMPAIO et al., 2003; HERNANI et al., 1999; SANTOS et al., 2001).

GARAY et al., (2003) comparando alguns atributos entre cultivo de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis* observaram que solo sob floresta primária apresentava teores de carbono e nutrientes do solo maiores do que em ambos os cultivos, mesmo após sete anos de cultivo. HERNANI et al., (1999) avaliando sistemas de manejo de solo diferentes e as perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão, perceberam que o plantio direto foi um sistema mais eficaz no controle da erosão do que o convencional, que perdeu seis vezes e meio mais potássio, seis vezes mais fósforo e matéria orgânica, cinco vezes mais cálcio e quatro vezes mais magnésio. Métodos

conservacionistas têm sido mais eficientes que o convencional na diminuição de perdas por erosão, desgaste químico, físico e biológico. SANTOS et al., (2001) observaram que a utilização de gramíneas e leguminosas para recuperação de áreas degradadas, além de seus efeitos nas características do solo, foram mais efetivas no aumento dos teores de C orgânico total, CTC, K, matéria orgânica e Mg, principalmente, na camada superficial do solo.

Os sistemas de preparo e a rotação de culturas afetam as propriedades físicas do solo, podendo afetar a disponibilidade de água para as plantas, como também, os teores de nutrientes e matéria orgânica do solo, como foi observado por SILVEIRA & STONE (2001), pois quando se incluía soja na rotação, obtinham-se maiores valores de pH e Ca+Mg e menores de Al. SIDIRAS & PAVAN (1985) observaram que solos sob plantio direto proporcionaram aumentos no pH, CTC, Ca, Mg, K e P, além da diminuição da saturação com Al na camada superficial do solo, o mesmo observado por SOUZA & ALVES (2003).

c) Densidade do solo

O atributo físico densidade do solo tem sido utilizado para compreender melhor a consequência prática no solo, em razão do manejo adotado. Há outros atributos muito utilizados, tais como: macroporosidade (ANDREOLA et al., 2000), microporosidade (STONE & SIVEIRA, 2001) que também tem sido avaliado. E os resultados têm comprovado que o uso de práticas orgânicas diminui a densidade do solo e aumenta a macroporosidade, como foi observado por ANDREOLA et al., (2000) avaliando a influência da cobertura vegetal e da adubação orgânica sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada.

SANCHES et al., (1999) estudando o impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana, perceberam que a variável mais alterada pelo cultivo foi a densidade do solo, seguida pela CTC e matéria orgânica. Práticas de não revolvimento do solo aumentam a compactação, conforme foi descrito por STONE & SILVEIRA (2001) estudando os efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo, que concluíram que o plantio direto aumentou a densidade e reduziu a porosidade total, enquanto sistema convencional reduziu a densidade, mas aumentou a porosidade total. FALLERIO et al., (2003) obtiveram o mesmo resultado em plantio direto.

2.3.2. Biológicos

A adoção de práticas agrícolas não adequadas às condições climáticas do Brasil tem contribuído para uma aceleração do processo de desgaste dos nossos solos tropicais. MARUMOTO (1982) afirma que quando o solo é submetido a estresses ambientais a mortalidade de microrganismos é maior. VARGAS & SCHOLLES (2000), perceberam que sistemas de manejo, com diferenças no revolvimento do solo e na composição dos resíduos vegetais alteram as propriedades biológicas do solo com reflexos sobre sua qualidade e na produtividade das culturas. A preconização de uma exploração do solo equilibrada em países tropicais será de grande valor ambiental, neste sentido, é necessário dispor de atributos ecológicos que possam quantificar junto ao solo essas mudanças. Deve-se obedecer aos seguintes critérios para se tornar um bioindicador: mostrar rapidez e resposta acurada a perturbações; refletir alguns aspectos de funcionamento de ecossistemas; ser prontamente e economicamente acessível e ser universalmente distribuído, além de mostrar especificidade para uso em modelos espaciais ou temporais no ambiente. A contribuição que atributos biológicos

podem fornecer será importante, para o dimensionamento da influência do manejo sobre os recursos.

Dentre alguns dos indicadores mais utilizados atualmente, destacam-se: biomassa microbiana do solo (BMS), respiração basal do solo (RBS) e C orgânico. Sendo que de sua conjugação, obtêm-se dois outros índices igualmente valiosos: o quociente microbiano (qMic), o quociente metabólico (qCO₂), como também, a macrofauna edáfica.

a) Biomassa microbiana do solo

A comunidade microbiana do solo é composta por vários nichos representados por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e algas. É também uma complexa mistura que pode conter 10000 espécies microbianas por grama de solo. O número de microrganismos existentes excede 1.800.000, e entre as espécies de microrganismos conhecidos, há 26900 algas, 30800 protozoário, 4760 bactérias, 1000 vírus e 46983 fungos.

A BMS é definida como a parte viva da MO do solo, incluindo bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna, excluindo-se raízes de plantas e animais do solo maiores do que $5 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ (JENKINSON & LADD, 1981). BALOTA et al., (1998) a defini como um componente lábil da MO, que tem a atividade influenciada pelas condições bióticas e abióticas, podendo ser boa indicadora das alterações resultantes do manejo do solo. Para MARUMOTO (1982) e KIEFT (1987), ela é um importante reservatório de nutrientes inorgânicos para as plantas, que são parciais e periodicamente liberados, o que é exemplificado por DE-POLLI & GUERRA (1996), que a qualificam como reserva de N, S e P.

Há uma estreita relação entre a MO e a biota do solo e neste sentido, POWLSON et al., (1987), concluíram que a determinação da BMS pode indicar mudanças na qualidade da MO. CATTELAN & VIDOR (1990), consideram a BMS como um dos constituintes da MO, sendo que sua contribuição deve ser quantificada. CARTER (1986), ANGERS et al., (1993) e BAUHUS et al., descrevem a BMS e a RBS como ótimos índices para detectar alterações nas propriedades biológicas do solo podendo ser um indicativo de qualidade do solo com importância na avaliação da sustentabilidade. Neste contexto a BMS, componente lábil da MO, pode ser utilizada como sensível indicador de alteração da MO e dessa maneira, permite investigar se as práticas de manejo de solo adotadas contribuem ou não para melhorar as reservas de C e, por conseguinte da relação solo-planta.

Existem fortes indícios que correlacionam o conteúdo de C do solo, entenda-se neste sentido MO, com a BMS. ZAK et al., (1993), por exemplo, detectaram valores de BMS menores em solo arenoso e pobre em MO, e maiores em solo argiloso e rico em MO. SMITH & PAUL (1990) citado por ZAK et al., (1994) e SALINAS-GARCIA (1997), afirmam que a oferta de C é um limitante para a BMS e MAWDSLEY & BARDGETT (1997) estudando o efeito do corte da parte aérea de trevo e azevém sobre a BMS perceberam aumento da BMS, provavelmente devido à morte e decomposição de raízes. Essas conclusões reforçam a idéia de que a BMS pode ser usada como um indicador sensível, a perturbações no solo.

b) Respiração basal do solo

LUNDEGARDH (1927) definiu a respiração do solo como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO_2 é produzido. As bactérias e os fungos são responsáveis pela maior liberação de CO_2 via degradação da MO. De acordo com GUPTA & SINGH (1981), a contribuição de raízes e microrganismos associados às raízes para a RBS foi estimada em 42%.

A RBS parece possuir uma estreita relação com as condições abióticas do solo, entre elas a umidade, temperatura e aeração. CATTELAN & VIDOR (1990) detectaram influência destas características, além da disponibilidade de substrato no solo, sobre a RBS e a BMS. Neste mesmo enfoque, BALOTA et al., (1998) perceberam que no inverno, a RBS sob plantio direto foi menor do que no verão. VARGAS & SCHOLLES (2000), correlacionaram o aquecimento do solo e disponibilidade de substratos com o aumento da RBS, mesma tendência encontrada por GUPTA & SINGH (1981), que acharam uma relação positiva entre a RBS com a umidade e a temperatura do solo, sendo maior nas estações chuvosas. A disponibilidade de C no solo tem sido descrita como fonte contribuidora para o aumento da RBS (CATTELAN & VIDOR, 1990), para PAUL et al., (1999) a RBS correlacionou-se com pools de C no solo, em um experimento com milho e soja, tendo sido o fluxo de CO_2 afetado pelo resíduo de culturas de anos anteriores e pela temperatura na estação de crescimento.

BREMER et al., (1998) investigando o fluxo de CO_2 na superfície do solo de áreas pastoreadas e não pastoreadas, indicaram que na primeira o fluxo foi moderado durante a estação de crescimento pela redução do dossel vegetal que realiza a fotossíntese, diminuindo o translocamento de C para a rizosfera. GODDE et al., (1996) estudando o efeito do aumento da concentração de CO_2 atmosférico, perceberam que com o aumento da temperatura para 20°C, a RBS aumentou em aproximadamente quatro vezes quando comparado à 3°C. Os estudos têm contribuído para mostrar a eficiência do uso da RBS como um mecanismo de aferição da dinâmica do fluxo de CO_2 no ambiente.

c) Quociente microbiano

O quociente microbiano é outro índice que também têm sido utilizados como balizador. Normalmente, segundo ANDERSON & DOMSCH (1989) ela abrange amplo espectro, variando de 0,27 a 7,0%. De acordo com CARTER (1986); INSAM, et al., (1991); SPARLING (1992); ALVAREZ et al., (1995); ANDRADE et al., (1995), ela parece ser boa indicadora das alterações na MO em função do manejo de solo. Seu nível pode indicar se o C está em equilíbrio, se está acumulando ou diminuindo (ANDERSON & DOMSCH, 1989 e INSAM, 1990).

O quociente microbiano é importante por correlacionar o manejo adotado com a conservação de C no solo. CARTER (1986) constatou que o preparo do solo resulta em diminuição do quociente microbiano e da BMS, o que é exemplificado por JÚNIOR & MELO (1999) que detectaram os menores índices em área cultivada com algodão, quando comparada a áreas de pastagem e mata, indicando redução na dinâmica da MO do solo. BAUHUS et al., (1998) associam o aumento desta relação com o aumento da eficiência microbiana. Em estudo realizado em Londrina (PR), em área de plantio direto, BALOTA et al., (1998), detectaram valores 95% maiores do que aqueles sob preparo convencional. Como os demais atributos, esta relação poderá ser bastante útil em trabalhos dessa área.

d) Quociente metabólico (qCO_2)

O qCO_2 é a razão entre a respiração basal do solo por unidade de biomassa microbiana do solo e tempo, e tem sido usado para estimar a eficiência do uso de substrato pelos microrganismos do solo (ANDERSON & DOMSCH, 1989), podendo ser utilizado como sensível indicador de estresse quando a BMS é afetada.

MAWDSLEY & BARDGETT (1997), perceberam que o qCO_2 declinou em resposta ao corte da parte aérea das culturas, enquanto a BMS aumentou, sugerindo que nessa situação a população microbiana foi menos estressada, provavelmente devido à morte e decomposição de raízes que aumentou a BMS. INSAM et al., (1991), verificaram que tanto o preparo como o manejo do solo altera o qCO_2 . BALOTA et al., (1998) detectaram decréscimo de 28% no qCO_2 em plantio direto, evidenciando menor perda relativa de CO_2 , que pode determinar em longo prazo, maior acúmulo de C no solo. Para SAFFIGNA et al., (1989), o preparo convencional pode apresentar menor conteúdo de MO, e uma BMS com maior qCO_2 , isto pode ocorrer pela diferença de acessibilidade do substrato de C pelos microrganismos, ou mudanças nos padrões metabólicos ou ainda, alterações na composição da microbiota (ALVAREZ et al., 1995). Parece haver ainda, uma correlação inversa entre a BMS e o qCO_2 , sugerindo que em maiores teores de C, possa ocorrer aumento da BMS e redução da atividade metabólica (INSAM et al., 1991) como foi constatado por BALOTA et al., (1998), e BAUHUS et al., (1998). Enfim, os resultados obtidos em outros estudos com qCO_2 , tem revelado um índice eficiente na quantificação da conservação de C em sistemas, e que aliado aos outros supracitados, poderão fornecer respostas rápidas sobre o fluxo e o estoque de C nos ambientes em que forem avaliados, e assim auxiliar na pesquisa sobre os danos causados pela emissão de C na atmosfera oriunda do manejo do solo.

e) Macrofauna edáfica

Dentro de agroecossistemas, a macrofauna possui grande potencial como indicador, tendo sido largamente utilizado para esse fim (LAVELLE & PASHANASI, 1989). A fauna do solo compreende milhões de animais invertebrados que vivem no solo ou que passam uma ou mais fases ativas no solo. Não sendo possível estudar toda a fauna do solo, são selecionados grupos de animais, de acordo com o objetivo do estudo e os ecossistemas a serem avaliados, de tal forma, que possam ser utilizados como indicadores da qualidade do solo. A macrofauna compreende os maiores invertebrados que vivem no solo e são facilmente visíveis a olho nu, com o tamanho do corpo maior que um cm (LAVELLE et al. 1997) e/ou com diâmetro do corpo acima de dois mm (SWIFT et al. 1979). Podendo-se estimar a densidade da macrofauna; biomassa da macrofauna; diversidade e equitabilidade.

A estrutura e a abundância da macrofauna do solo são muito sensíveis ao manejo de solo e ao tipo de cobertura vegetal (LAVELLE et al., 1992). Significativas mudanças na biomassa e diversidade da macrofauna ocorrem após o estabelecimento de pastagens e culturas anuais (LAVELLE & PASHANASI, 1989). Em muitos casos o cultivo de plantas anuais promove grande redução na diversidade e abundância da fauna do solo, devido ao distúrbio e à ausência de proteção pela cobertura vegetal. Pastagens têm sido associadas ao aumento na população de minhocas, como também, na redução de outros grupos antes presentes (MBOUKOU-KIMBATSA et al., 1998). Amplas revisões documentam que a comunidade de invertebrados é mais bem conservada em ambientes estruturalmente similares às condições naturais.

Enfim, o papel que esses agentes biológicos podem desempenhar no solo é amplo, e apesar das informações existentes, ainda há muito a ser feito a fim de tornar mais clara a função desses agentes. Suas implicações com fatores ambientais e da natureza química e física do solo são escassas de informações e o objetivo deste trabalho foi monitorar os diferentes atributos químicos, físicos e biológicos submetidos a diferentes sistemas de manejo existentes ao longo das estações climáticas do ano e de suas variações.

2.4. Associações entre macrofauna e microflora

As formigas são capazes de, rapidamente e extensivamente, mudar as condições do solo (HULUGALLE, 1995). Outros efeitos das formigas incluem mudanças na textura do solo (WANG et al., 1995) e no conteúdo de C e N (PETAL, 1998). A alta taxa de mineralização de C nos montículos de terra mostram que três espécies de formigas investigadas aumentam significativamente a atividade microbiana neste solo (DAUBER & WOLTERS, 2000). *Myrmica sp.* e *L. niger* tem sido descritas como formigas que aumentam o número de bactérias e fungos, enquanto *L. flavus* promove o desenvolvimento de actinomicetos (CZERWINSKI et al., 1971; JAKUBCZYK et al., 1972). O baixo pH e teor de umidade sugerem que o efeito das formigas na estrutura funcional da microflora é atribuído às modificações de complexos aspectos ecológicos (DAUBER & WOLTERS, 2000).

Os invertebrados podem ser classificados em três grupos funcionais: engenheiros do ecossistema, decompositores e micropredadores, dependendo de seu tamanho, natureza da estrutura que criam no solo e o principal tipo de relação que desenvolvem com os microrganismos (LAVELLE, 1994). Respostas de microrganismos a mudanças de umidade e temperatura têm sido observadas em estudos (GESTEL et al., 1993).

Resíduos de plantas que sofrem a ação da fauna do solo aumentam a exposição de substratos para a microflora, que levam ao aumento da decomposição e liberação de nutrientes (SCHEU e WOLTER, 1991). O papel de cupins no aumento da decomposição foi documentado por WOOD (1996). MANDO (1998) observou que cupins podem exercer uma influência positiva sobre a quebra de resíduos orgânicos, que foi maior que o efeito climático e condições edáficas. Mudanças na atividade microbiana foram monitoradas medindo simultaneamente a liberação de CO₂ e a presença de protozoários. O aumento de CO₂ na presença de minhocas é resultado da respiração das mesmas e da respiração microbiana (BINET et al., 1998). As minhocas possuem efeito sobre o comportamento microbiano, em particular, elas induzem ao aumento da população dos principais grupos funcionais (LOQUET et al., 1977). WINDING et al., (1997) reportou um aumento da atividade de protozoários causada pela elevação do número de bactérias em presença de *Lumbricus festivus*.

Em ambientes naturais processos de decomposição e ciclagem de nutrientes são também mediados por fatores abióticos (ANDERSON, et al., 2000) e por interações entre organismos e os níveis tróficos (WARDLE, 1999). Formigas, coleópteros, aranhas e outros são responsáveis pela quebra de agregados e deposição de pequenos grânulos na superfície do solo, tendo assim, um efeito descompactante (LAVELLE et al., 1997).

CAPÍTULO I

INDICADORES QUÍMICOS, FÍSICOS E MICROBIOLÓGICOS EM SISTEMA ORGÂNICO DE CAFÉ, HORTALIÇA, PASTAGEM E FLORESTA

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é responsável pela cobertura de 25-30% dos solos do mundo (ALTIERI, 1993) e o mau gerenciamento deste recurso repercute diretamente sobre sua capacidade produtiva. De acordo com DORAN & PARKIN (1994), a qualidade do solo é entendida como a capacidade do solo de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais. BAYER & MIELNICZUK (1997) verificaram que manejo sem revolvimento do solo e alta adição de resíduos culturais por cinco anos promoveram aumento nos teores de carbono orgânico e na CTC. A acidez do solo cria problemas pela concentração de íons hidrogênio; deficiência de cálcio, fósforo e presença excessiva de alumínio (MONIZ, 1975), que influi na penetração de compostos tóxicos em células microbianas (TSAI et al., 1992). Segundo CARDOSO (1992), uma característica generalizada dos solos é a sua deficiência em matéria orgânica, daí a importância no uso de técnicas conservacionistas para a manutenção regular dos processos químicos, físicos e biológicos do solo.

Por outro lado, o clima governa e estabelece respostas, sobretudo, de fatores biológicos. O solo deve ser visto como parte integrante de funções específicas no ecossistema. A parte biológica é dinâmica e facilmente afetada pelo manejo agrícola (KIMPE & WARKENTIN, 1998). Sua contribuição é pouco dimensionada se comparada aos atributos químicos e físicos, como também, sua importância para a manutenção da cadeia produtiva. A interação entre a cobertura vegetal e o manejo do solo com as variações climáticas durante diferentes épocas do ano provoca uma flutuação sazonal no desenvolvimento microbiano (CATTELAN & VIDOR, 1990). Essa flutuação é maior nas camadas superiores do solo, onde existem as maiores oscilações de umidade e temperatura (CAMPBELL & BIEDERBECK, 1982; MARTINEZ & RAMIREZ, 1978).

A umidade é um dos fatores mais determinantes, regulando a atividade microbiana de várias maneiras e a influência de nutrientes, juntamente com a aeração, pois a alteração na constituição do ar do solo governa o crescimento e a atividade microbiana, neste sentido, a textura do solo pode influenciar em sua resposta, enquanto a temperatura do solo, por sofrer variações diárias e sazonais, principalmente nos horizontes superficiais, influi na atividade microbiana (TSAI et al., 1992). Prover a biomassa microbiana de fonte de energia é um mecanismo que deve ser difundido de modo a evitar perdas agronômicas, pois um solo deficiente em sua atividade biológica requer gastos econômicos e energéticos ainda maiores para ser recuperado.

Inúmeros trabalhos abordam a questão do efeito climático sobre a resposta dos microrganismos do solo. Segundo DÖBEREINER (1992), a temperatura do solo em clima tropical favorece os processos microbiológicos e de acordo com FRANCO & NEVES (1992) o uso de cobertura morta minimiza os efeitos da temperatura elevada. Os processos de mineralização são favorecidos por temperaturas acima de 30° C e o pH próximo do neutro, enquanto a solubilização de fosfato natural é facilitada pela presença da matéria orgânica, cobertura vegetal e associação micorrízicas (EIRA, 1992). Pode-se inferir que a interação entre agentes químicos, físicos e biológicos é uma característica do solo, que deve ser objetivada. Dessa forma, é preciso compreendê-la melhor, como também, sua relação com fatores ambientais e as práticas de manejo do solo. O objetivo do trabalho foi utilizar a análise de componentes principais para agrupar as correlações existentes entre as variáveis químicas, físicas e biológicas monitoradas e os tratamentos utilizados nas diferentes estações climáticas.

2. RESUMO

Em duas localidades diferentes: Avelar em Paty do Alferes/RJ e Santa Mônica em Valença/RJ foram avaliadas as relações entre os atributos químicos, físicos e biológicos por um ano agrícola em cada estação climática. Amostras de solo na profundidade de 0-10 cm foram coletadas nos meses de março (verão), junho (outono), setembro (inverno) e dezembro (primavera) de 2002 para Avelar, e nos meses de maio (outono), agosto (inverno), novembro (primavera) de 2002 e fevereiro (verão) de 2003 para Santa Mônica. Foram amostrados, em Avelar, solos com cafezal sob sistema orgânico submetidos a três espaçamentos com e um sem adubação verde (*Guandu – *Cajanus cajan**), cultura de ciclo curto (pimentão e feijão vagem) e floresta secundária, e em Santa Mônica foram avaliadas duas cultivares de café (catuaí vermelho e icatu amarelo) com e sem adubação verde (*Crotalária - *Crotalaria juncea**), pasto e floresta secundária. Todas as áreas eram circunvizinhas aos cafezais amostrados. O objetivo era avaliar os teores da biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo, quociente metabólico, quociente microbiano, % carbono, % nitrogênio, densidade aparente do solo, pH, acidez potencial, cálcio+magnésio, relação cálcio:magnésio, fósforo, potássio e sódio. As variáveis com maior poder discriminatório foram relação cálcio:magnésio, cálcio, biomassa microbiana do solo, pH, cálcio+magnésio, potássio, sódio e quociente microbiano. A acidez potencial, %N e %C e o pH, cálcio+magnésio, cálcio, relação cálcio:magnésio, fósforo, potássio, sódio, %N e %C estiveram correlacionados, respectivamente, aos solos de floresta e cultura de ciclo curto durante todo o ano agrícola. A fertilidade de solos cultivados com cafeeiros situou-se em uma faixa intermediária entre solos da cultura de ciclo curto e floresta. As variáveis microbiológicas: biomassa microbiana do solo e quociente microbiano apresentaram correlação ao solo sob cultura de ciclo curto, justamente o mais fértil quimicamente. Em Santa Mônica, a primeira componente principal apresentou maior contribuição para a explicação da análise e as variáveis químicas: acidez potencial e %N correlacionaram-se aos solos de floresta, já a acidez potencial somente ao pasto, enquanto pH, cálcio+magnésio, fósforo, potássio correlacionaram-se aos solos de cafezais. A fertilidade de solos cultivados com cafeeiros situou-se em uma faixa superior aos solos de pastagem e de floresta. A respiração basal do solo e o quociente metabólico correlacionaram-se ao solo florestal em todas as estações. A biomassa microbiana do solo e o quociente microbiano apresentaram maior influência em solos de catuaí com adubação verde. As variáveis pH, acidez potencial, cálcio+magnésio, potássio, quociente metabólico, quociente microbiano e biomassa microbiana do solo foram as mais discriminatórias.

Termos para indexação: bioindicadores do solo e cafezal orgânico.

3. ABSTRACT

Chapter I. Chemical, physical and microbial soil indexes under organic coffee, vegetables, pasture and forest.

The relationships among chemical, physical and biological soil attributes were evaluated in two different locations, Avelar, Paty do Alferes/RJ and Santa Mônica, Valença/RJ for one year. Soil samples (0-10 cm) were collected in March (Summer), June (autumn), September (winter) and December (spring) 2002 in Avelar, and in May (autumn), August (winter), November (spring) 2002 and February (summer) 2003 in Santa Mônica. The following soil covers were studied in Avelar: coffee intercropped with pigeon pea (*Cajanus cajan*) in three different row spaces and coffee without the legume; short-cycle crops (bell peppers and snap beans) and an area of forest. In Santa Mônica the soil covers were two cultivars of coffee (Red Catuaí and Yellow Icatu) with and without green manure (*Crotalaria spectabilis*), pasture and forest. The objective was to evaluate the levels of microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient, microbial quotient, %C, %N, bulk density, pH, potencial acidity, Ca:Mg ratio and content of Ca+Mg, P, K, and Na. The variables with larger discriminatory power were Ca:Mg ratio, microbial biomass, pH, Ca+Mg, K, Na, and microbial quotient. The levels of potencial acidity, %N and %C and pH, Ca:Mg ratio, content of Ca+Mg, Ca, P, K, Na, N, and C were associated, respectively, to the forest and short-cycle crops soils during all the year. Soil fertility from coffee area was situated in an intermediate level from short-cycle crops and forest soils. Microbiological variables: soil microbial biomass and microbial quotient showed higher correlation with short-cycle crops which was more fertile. In Santa Mônica, the first principal component presented larger contribution for the analysis explanation and chemical variables potencial acidity and %N were correlated to the forest soils and potencial acidity to the pasture, while pH, Ca+Mg, P, and K were correlated to the soils with coffee tillage. The fertility of soils cropped with coffee was superior to the pasture and forest. Basal respiration and metabolic quotient were correlated to the forest soil during all year. Microbial biomass and microbial quotient presented larger level in soil from cCatuaí coffee area with green manure. The chemical and physical variables: pH, potencial acidity, Ca+Mg, K, metabolic quotient, microbial quotient, and microbial biomass were the most discriminatory.

Index terms: microbiological attributes, coffee cropping system.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio 1 – Avelar

Caracterização das áreas e épocas de amostragem

O experimento, iniciado em 1999 em 0,5 ha, foi realizado na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro PESAGRO, situada em Avelar, distrito de Paty do Alferes, RJ, localizado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, em um Latossolo vermelho-amarelo. O estudo foi conduzido em uma área experimental com café cultivar catuaí amarelo sob manejo orgânico. O solo foi arado, gradeado e corrigido com 80 g de calcário dolomítico por cova. A adubação de plantio feita na cova foi constituída por: 160 g de termofosfato, 340 g de cinza de lenha e 10 litros de esterco de curral. O solo apresentou 54,5; 37,8 e 9,1% de areia, argila e silte, respectivamente, e as seguintes características químicas: pH = 4,8 (em água); Al = 0,6 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,4 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,8 cmol_c dm⁻³; P = 2,0 mg dm⁻³; K = 36 mg dm⁻³ e recebia periodicamente pulverizações com agrobio e calda de viçosa, além da aplicação de adubação com esterco de ave (1,5kg por planta) e farinha de osso (200g).

O experimento consistiu de quatro tratamentos dispostos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram diferentes espaçamentos intercalados, nas entrelinhas, por linhas de guandu (*Cajanus cajan*), plantado em setembro de 2000: 2,0m x 1,0m (1 linha de guandu=C1), 2,8m x 1,0m (2 linhas de guandu=C2) e 3,6m x 1,0m (3 linhas de guandu=C3) e, como testemunha, cultivo em pleno sol (Cps) com espaçamento de 2,8m x 1,0m. Adjacentes ao cafezal também foram avaliadas outras duas áreas contrastantes: floresta secundária e cultura de ciclo curto (CCC). O solo CCC apresentou 51,7, 35,5 e 12,7% de areia, argila e silte respectivamente e recebia irrigação diariamente, como também aplicação de Metamidofós, cobre, Calda sulfocálcica, Deltametrina, Agrobio e Mancozeb (ANEXO 1), tendo sido cultivado com pimentão e feijão vagem. O solo sob floresta secundária apresentou 57,6; 32,9 e 9,5% de areia, argila e silte, respectivamente.

As amostras de solo foram coletadas durante os meses de março, junho, setembro e dezembro de 2002 entre e abaixo da saia dos cafeeiros e constituiu-se de uma amostra composta contendo seis amostras simples na profundidade de 0-10 cm. Em seguida foram destorroadas e homogeneizadas para pesagem (base úmida) e determinação da biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo, quociente metabólico e quociente microbiano e, posteriormente, secas ao ar para determinação da % carbono, % matéria orgânica, % nitrogênio, densidade aparente do solo, pH, acidez potencial, cálcio + magnésio, relação cálcio:magnésio, fósforo, potássio e sódio.

Ensaio 2 – Santa Mônica

Caracterização das áreas e época de amostragem

O trabalho foi realizado na Fazenda Santa Mônica, pertencente à Embrapa Gado de Leite e situada em Barão de Juparanã, distrito de Valença, RJ, em experimento iniciado em 2001, em um Latossolo vermelho-amarelo cultivado anteriormente com capim Napier. A área consiste de cerca de 1,5 ha que foi arada, gradeada e corrigida com calcário dolomítico, aplicando-se 500 kg de calcário ha⁻¹. O solo apresentou 55,8; 29,3 e 15,4% de areia, argila e silte, respectivamente, e as seguintes características químicas: pH 5,3 (em água); Al = 0,1 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,8 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,7 cmol_c dm⁻³; P = 2,0 mg dm⁻³; K = 128 mg dm⁻³ e %C = 1,35.

A adubação de plantio foi constituída por 2,5 kg de esterco de gado e 300 g da mistura de termofosfato + cinza de madeira (1:1) nas covas. Após 40 dias, foi feita adubação de cobertura com 250 g de esterco de cama de aviário por planta. Como complementação nutricional e controle preventivo de pragas e doenças do cafeeiro foram realizados pulverizações com o biofertilizante Agrobio na concentração de 4%. A adubação anual foi parcelada em duas aplicações de 250 g de esterco de cama de aviário e 100 g de termofosfato por planta em cobertura.

O experimento foi constituído por seis tratamentos, sendo seis cultivares de café (*Coffea arabica*) associadas ou não ao cultivo de *Crotalaria juncea* nas entrelinhas, como adubo verde. Os cultivares de café foram plantados nas parcelas (27 m x 10 m) e o adubo verde, nas subparcelas (13,5 m x 10m), dispostas no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas de cafeeiros plantados no espaçamento 2,5 m x 0,7 m. Os cultivares utilizados foram: catuaí vermelho 144 (não resistente à ferrugem); tupi IAC 1669/33; ozeiras; icatu amarelo; catucaí amarelo e obatã, resistentes à ferrugem. No entanto, para fins de análise foram eleitas duas cultivares para monitoramento: catuaí vermelho com e sem adubação verde (CAV e CSAV) e icatu com e sem adubação verde (IAV e ISAV). O adubo verde foi plantado em novembro de 2001, semeando-se três linhas de *C. juncea* a uma distância de 0,5m, 1,0m e 1,5m a partir da linha do café, respectivamente. Aos 76 dias após o plantio, a crotalaria foi podada a meia altura e aos 173 dias após o plantio em 30/04/02 foi cortada definitivamente. Adjacentes ao cafezal também foram avaliadas outras duas áreas contrastantes: floresta secundária e pastagem. O solo sob pastagem, coberto principalmente por *Brachiaria* sp., apresentava 54,1, 32,8 e 13,6% de areia, argila e silte respectivamente. No solo sob floresta secundária, com cerca de 120 anos, onde segundo SPOLIDORO (2001) se encontram 31 famílias florestais, entre elas: *Anacardiaceae*, *Annonaceae*, *Araliaceae*, *Bignoniaceae*, *Boraginaceae*, *Compositae*, *Euphorbiaceae*, *Lauraceae*, *Leguminosae*, *Meliaceae* e outras continham 54,6; 34,3 e

11,6% de areia, argila e silte, respectivamente.

As amostragens de solo foram realizadas durante os meses de maio, agosto, novembro de 2002 e fevereiro de 2003. As amostras de solo foram coletadas entre os pés e abaixo da saia dos cafeeiros e constituiu-se de uma amostra composta contendo seis amostras simples na profundidade de 0-10 cm. Sendo destorroadas e homogeneizadas para pesagem (base úmida) e determinação da biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo, quociente metabólico e quociente microbiano e seco ao ar para determinação do % carbono, %matéria orgânica, % nitrogênio, densidade aparente do solo, pH, alumínio, acidez potencial, cálcio + magnésio, fósforo, potássio, sódio e CTC.

Avaliação dos indicadores monitorados

A avaliação do carbono microbiano pelo método da fumigação-extração obedeceu ao procedimento modificado por DE-POLLI & GUERRA (1999). Para cada amostra foram retiradas seis subamostras (três destas para fumigação) de 20 g de solo (base úmida), que receberam 50 mL de K_2SO_4 0,5 mol.L⁻¹ solução extratora; agitadas por 30 minutos; postas em repouso por mais 30 minutos; filtradas e retirada uma alíquota de oito mL do extrato e adicionados: dois mL de $K_2Cr_2O_7$ 0,066 mol.L⁻¹, um mL de H_3PO_4 e 10 mL de H_2SO_4 PA. Após resfriamento, adicionou-se água e titulou-se com sulfato ferroso amoniacal 0,038N. As amostras fumigadas, antes deste procedimento, receberam um mL de $CHCl_3$ (clorofórmio) livre de álcool, diretamente sobre o solo de cada frasco. Sendo então incubadas por 24 horas e destampadas para evaporação do clorofórmio por 30 minutos.

A avaliação da respiração microbiana seguiu o procedimento descrito por JENKINSON & POWLSON (1976). Para cada amostra foram retiradas três subamostras de 20 g de solo (base úmida), que foram incubadas por cinco dias em vasilhas de três litros, juntamente com frascos contendo 10 mL NaOH 1M, para captação do C-CO₂ respirado. Após esse período, aos recipientes contendo NaOH, foram adicionados dois mL de BaCl₂ 10%, para precipitação do carbonato formado. Sendo seu excesso titulado com HCl 0,5N. A determinação do quociente metabólico seguiu o procedimento descrito por ANDERSON & DOMSCH (1986, 1990), obtido pela razão entre o C respirado por unidade de C microbiano em um intervalo de tempo.

O teor de Corg do solo foi avaliado conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1997) e o teor de N-total do solo conforme ALVES et al., (1994). Os níveis de pH, Al, H+Al, Ca, Mg, Ca+Mg, P, K, Na e CTC conforme EMBRAPA (1997). A determinação da densidade aparente do solo de amostras indeformadas foi realizada com auxílio de um anel de Kopeck com cinco cm de diâmetro e 5 cm de altura, após a coleta o solo foi levado à estufa (110°C) por 24h. As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da UFRRJ por sedimentação.

Os dados climáticos das regiões de estudo referentes ao ano de 2002 para Avelar encontram-se na Figura 1. Esses dados foram fornecidos pela Estação Meteorológica da Pesagro de Avelar.

Análise Estatística

- **Análise de variância**

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo programa SISVAR. A comparação entre médias foi realizada pelo teste de Bonferroni com um nível de significância de 5%. As interações significativas foram desdobradas de acordo com os fatores envolvidos para épocas em função de tratamentos.

- **Análise de Componentes Principais (ACP)**

Os dados quantitativos foram analisados utilizando-se do método multivariado denominado de análise de componentes principais (ACP) por meio do software SAEG 8.0 X (2001). A ACP possibilita verificar a capacidade discriminatória das variáveis originais no processo de formação dos agrupamentos (MORRISON, 1967; CURI et al., 1992). O estudo dos componentes principais permite a interpretação dos resultados, que depende da contribuição de cada variável ao componente principal, traduzido pelo

valor da correlação (CURI et al., 1992). A viabilidade da utilização do método multivariado de análise de componentes principais é verificada pela quantidade de informação das variáveis originais retidas pelos três componentes principais (porcentagem da explicação total das variáveis acumulada pelos três primeiros componentes), que deve ser de 70%.

As análises foram realizadas para atributos químicos, físicos e microbiológicos. Deste modo, foram realizadas oito ACP's no total, uma para cada estação do ano e uma para cada ensaio. Em cada ACP foram estudados seis tratamentos que foram constituídos por seis tipos de cobertura do solo e 21 e 18 variáveis, respectivamente, para Avelar e Santa Mônica.

As 14 variáveis indicadoras da fertilidade do solo estudadas em Avelar foram: biomassa microbiana do solo (BMS) em mg C kg solo⁻¹, respiração basal do solo (RBS) em mg C-CO₂ kg solo h⁻¹, quociente metabólico (qCO₂) em mg C-CO₂ g Cmic.h⁻¹, quociente microbiano (qMic) em mg Cmic 100mg Corg⁻¹, percentual de carbono do solo (%C), percentual de nitrogênio do solo (%N), densidade aparente do solo (Dap) em g cm⁻³, pH (pH) em cmol_c dm⁻³ de solo, hidrogênio mais alumínio (H+Al) em cmol_c dm⁻³ de solo, cálcio +magnésio (Ca+Mg) em cmol_c dm de solo, relação Ca:Mg (rel.Ca:Mg), fósforo (P) em mg kg⁻¹ de solo, potássio (K) em mg kg⁻¹ de solo e sódio (Na) em meq L⁻¹.

As 13 variáveis indicadoras da fertilidade do solo estudadas em Santa Mônica foram: biomassa microbiana do solo (BMS) em mgC kg solo⁻¹, respiração basal do solo (RBS) em mgC-CO₂ kg solo h⁻¹, quociente metabólico (qCO₂) em mg C-CO₂ g Cmic.h⁻¹, quociente microbiano (qMic) em mg Cmic 100mg Corg , percentual de carbono do solo (%C), percentual de nitrogênio do solo (%N), densidade aparente do solo (Dap) em g cm⁻³, pH (pH) em cmol_c dm⁻³ de solo, hidrogênio mais alumínio (H+Al) em cmol_c dm⁻³ de solo, cálcio + magnésio (Ca+Mg) em cmol_c dm de solo, fósforo (P) em mg kg de solo, potássio (K) em mg kg⁻¹ de solo e sódio (Na) em meq L⁻¹.

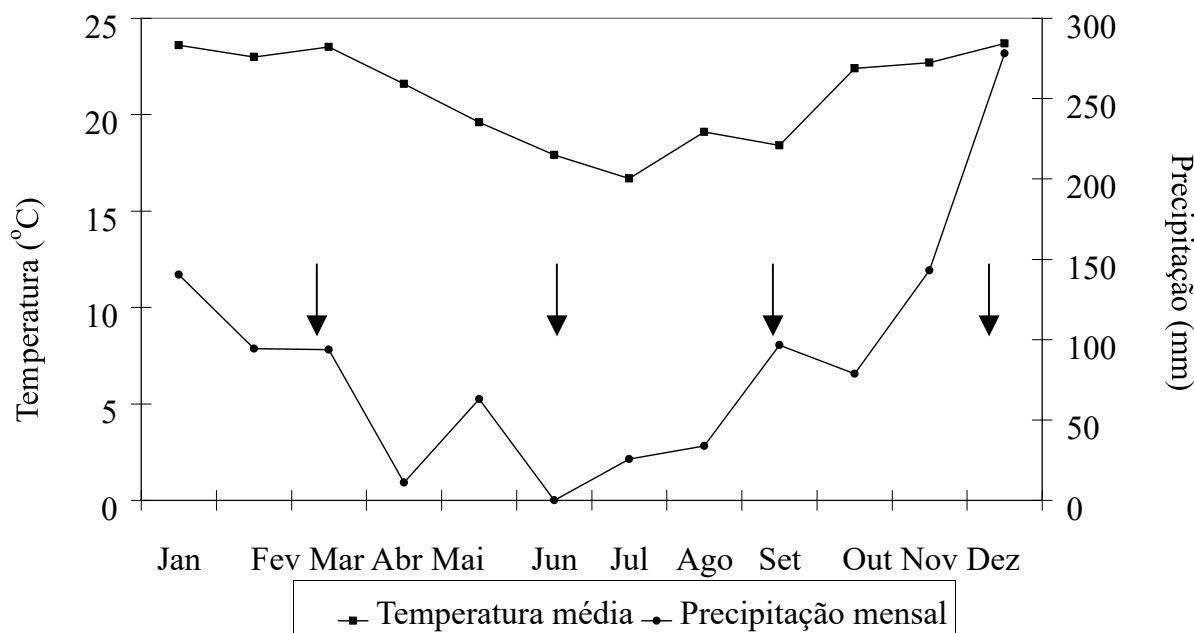


Figura 1. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referente ao ano de 2002 em Avelar, RJ.

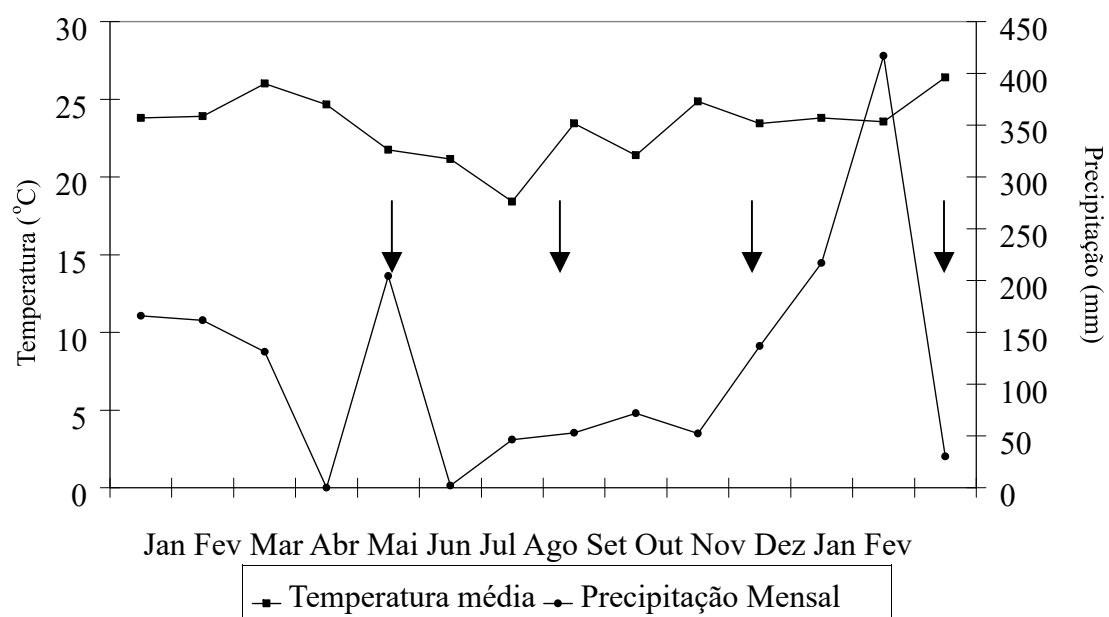


Figura 2. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referentes ao período de janeiro de 2002 a fevereiro de 2003 na fazenda Santa Mônica em Barão de Juparanã, RJ.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio 1 - Avelar

Na Tabela 1 são apresentados as relações dos tratamentos envolvidos neste estudo e os respectivos valores dos dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2), que juntamente explicaram mais de 70% da análise, em cada estação do ano. Os números entre parênteses correspondem à ordenação decrescente dos tratamentos com relação aos valores de cada componente principal, o que resulta em uma influência decrescente das variáveis do solo que apresentaram maior correlação com o determinado componente principal. Assim, quanto maior é o valor de Y_1 e Y_2 maior é a influência da variável altamente correlacionada com ele.

Nos períodos de verão, outono, inverno e primavera, os dois primeiros componentes principais explicaram, respectivamente, cerca de 79, 84, 83 e 81% da informação contida no conjunto das 22 variáveis originais analisadas correspondentes. Com os valores de correlação das variáveis com os componentes principais (Y_1 e Y_2) foram construídos os gráficos de distribuição espacial das variáveis analisadas. Quanto mais próximo, em valor absoluto, de 1,00 para cada componente principal, mais forte a correlação da variável com a componente, enquanto para a disposição dos tratamentos nas Figuras utilizou-se o mesmo procedimento (Figura 2, 3, 4 e 5).

As ACP's com correlações acima de 0,90 foram consideradas como aquelas de alto poder discriminatório, dessa forma pode-se citar que no verão pH (0,966), rel Ca:Mg (0,965), K (0,96) e P (0,903) foram as mais discriminatórias; no outono foram: K (-0,987), pH (-0,976), Ca+Mg (-0,974), rel Ca:Mg (-0,965) e Bms (-0,89); no inverno foram: Na (0,98), P (0,975), Bms (0,974) e rel Ca:Mg (0,96); na primavera foram: Dap (-0,94), pH (-0,93) e Na (-0,925). Assim sendo, essas variáveis foram as que mais contribuíram para a explicação da primeira componente principal, ou seja, apresentou maior influência sobre os tratamentos.

Tabela 1. Valores dos três componentes principais (Y_1 e Y_2) para os tratamentos em estudo referentes às combinações entre os tratamentos e as estações climáticas. Os valores entre parênteses correspondem à ordenação decrescente dos tratamentos para Y_1 e Y_2 .

Tratamento	Estação imática cl	Y_1	Y_2
C1	Verão	-0,67096 (5)	-1,6365 (5)
C2		-0,45552 (4)	-1,31487 (4)
C3		-0,40679 (3)	-1,80441 (6)
Cps		0,0968 (2)	-0,3563 (3)
CCC		5,26245 (1)	1,88835 (2)
Floresta		-3,82597 (6)	3,22372 (1)
C1	Outono	-1,04397 (5)	-0,86867 (4)
C2		0,21069 (3)	-0,54834 (3)
C3		1,88097 (2)	-2,10398
Cps		-0,02912 (4) -	-1,25783 (5)
CCC		5,29794 (6)	1,80852 (2)
Floresta		4,27937 (1)	2,9703 (1)
C1	Inverno	-0,60533 (5)	-1,38028 (5)
C2		-0,52766 (4)	-0,0161 (3)
C3		-0,27178 (2)	-0,60758 (4)
Cps		-0,52117 (3)	-2,97897 (6)
CCC		5,55442 (1)	1,68996 (2)
Floresta		-3,62848 (6)	3,29297 (1)
C1	Primavera	-3,04778 (6)	-0,36847 (4)
C2		0,01708 (3)	-0,16135 (3)
C3		0,00471 (4)	-1,54213 (5)
Cps		0,97757 (2)	-3,30685 (6)
CCC		-2,79619 (5)	3,13298 (1)
Floresta		4,8446 (1)	2,24582 (2)

Onde: C1 = Cafezal 1 linha guandu; C2 = Cafezal 2 linhas guandu; C3 = Cafezal 3 linhas guandu; Cps = Cafezal em pleno sol e CCC = Cultura ciclo curto

O verão foi marcado por temperaturas altas e baixa precipitação. De acordo com a Tabela 2, o primeiro componente principal (Y_1), responsável por 54% da informação contida nas variáveis originais, apresentou maior influência de pH, rel Ca:Mg, K, CTC e P, tendo o solo CCC apresentado maior quantidade dessas variáveis (Tabela 1). A Figura 3 apresenta melhor essa correlação através do posicionamento de pH, rel Ca:Mg, K, CTC, P e solo CCC, situados mais a direita. A Tabela de dados originais, em Tabela 3, ratifica o resultado encontrado, uma vez que este solo apresentou os maiores teores dessas variáveis. No segundo componente principal (Y_2), responsável por 27% da informação contida nas variáveis originais, os tratamentos analisados apresentaram maior influência de %N e %C, quando solos de floresta e CCC apresentaram maior influência dessas variáveis. Na Figura 3, é possível visualizar melhor a disposição de %N e %C, que juntamente com os solos de floresta e CCC situaram-se mais acima, implicando em um maior conteúdo dessas variáveis nesses solos.

Tabela 2. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante o verão e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.

Verão	Y_1	Y_2
% carbono	-0,00594	0,92858
% nitrogênio	-0,12179	0,98813
Densidade aparente	0,27132	-0,85837
pH	0,96556	0,03723
Acidez potencial	-0,66749	0,63774
Cálcio+magnésio	0,94766	0,18455
Relação Ca:Mg	0,96553	-0,07499
Fósforo	0,90316	0,3508
Potássio	0,96071	0,17749
Sódio	0,78355	0,57289
Biomassa microbiana do solo	0,83724	-0,05258 -
Respiração basal do solo	-0,01101	0,14871 -
Quociente metabólico	-0,74135	0,33173 -
Quociente microbiano	0,40266	0,60211
% explicação	53,955	27,185
% explicação acumulada	53,955	81,14

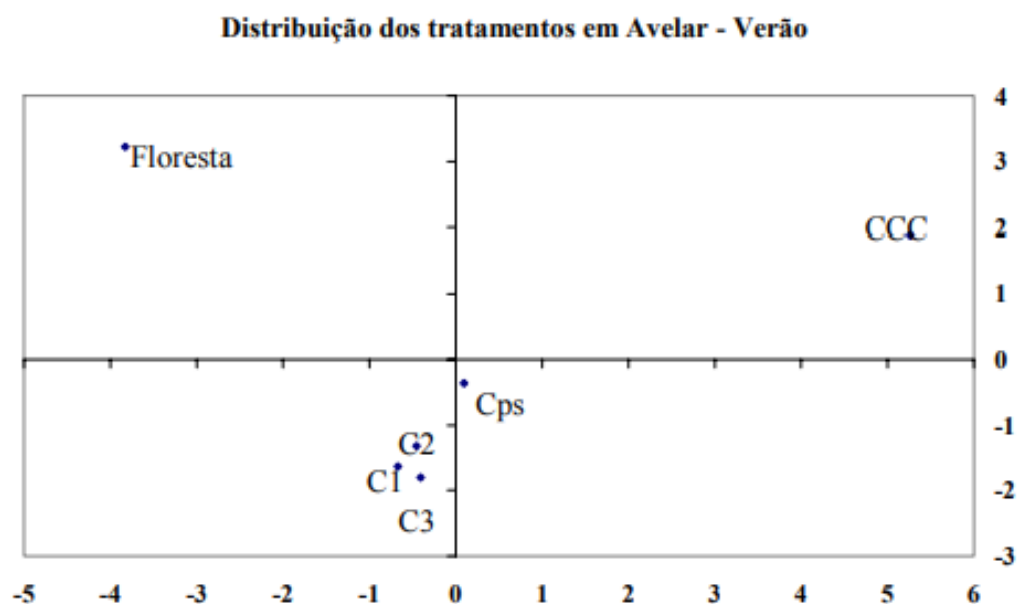
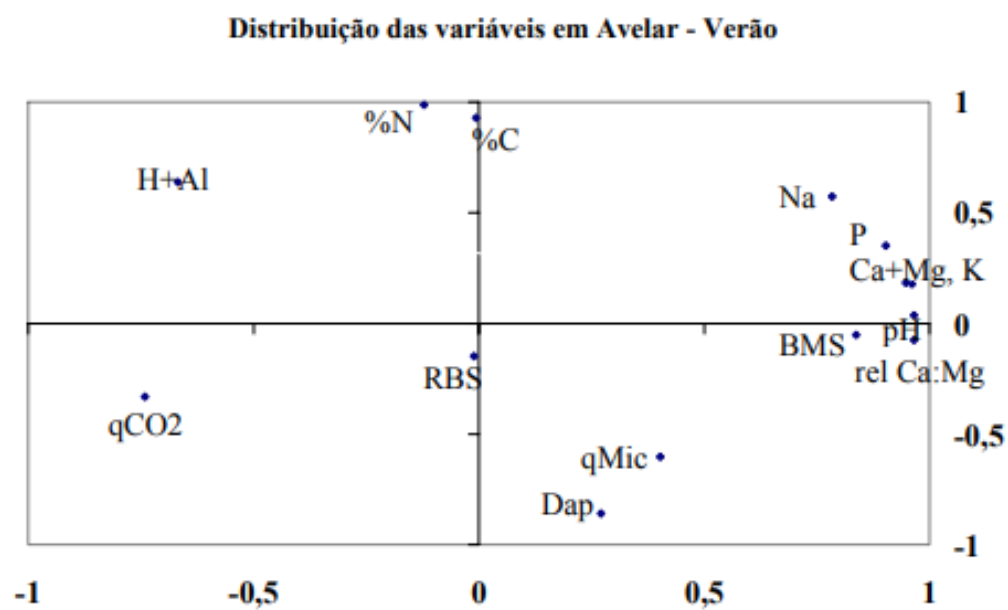


Figura 3. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o verão de 2002 em Avelar.
Onde: C1 = cafezal 1 linha de guandu; C2 = cafezal com 2 linhas de guandu; C3 = cafezal com 3 linhas de guandu; Cps = cafezal em pleno sol e CCC = cultura de ciclo curto.

Tabela 3: Conjunto das variáveis BMS (mg C kg solo⁻¹), RBS (mg C-CO₂ kg solo h⁻¹), qCO₂ (mg C-CO₂ g Cmic.h⁻¹), qMic (mg Cmic 100mg Corg⁻¹), %C, %N, Dap (g cm⁻³), pH (cmol_c dm⁻³ de solo), H+Al (cmol_c dm⁻³ de solo), Ca+Mg (cmol_c dm⁻¹ de solo), rel.Ca:Mg, P (mg kg⁻¹ de solo), K (mg kg⁻¹ de solo) e Na (meq L⁻¹), utilizados para a ACP do capítulo 1 em Avelar (valores médios) (Continua).

Trat	Época	rel Ca+Mg													
		<u>H+Al</u>	<u>pH</u>	<u>Ca:Mg</u>		<u>K</u>	<u>Na</u>	<u>P</u>	<u>%C</u>	<u>%N</u>	<u>Dap</u>	<u>Bms</u>	<u>Rbs</u>	<u>qCO₂</u>	<u>qMic</u>
C1	Verão	6,90	4,95	1,71	3,83	117,7	0,025	24,75	1,02	0,118	1,49	82,68	2,06	38,19	0,58
C2		7,52	5,65	1,75	3,38	107,5	0,030	24,00	1,08	0,116	1,45	114,3	2,79	21,91	0,80
C3		7,45	4,83	2,11	3,16	108,7	0,035	21,00	1,04	0,116	1,47	115,8	2,70	27,44	0,74
Cps		7,14	5,08	2,35	3,65	5,5123,7	0,030	10,50	0,98	0,126	1,47	87,56	1,67	23,00	0,53
Ccc		7,10	5,37	3,24	<u>2,83</u>	161,0	0,120	162,0	1,30	0,140	1,54	142,0	2,35	11,94	0,66
Flo		<u>8,72</u>	<u>5,00</u>	<u>0,93</u>	4,03	<u>96,75</u>	<u>0,037</u>	<u>7,75</u>	<u>1,40</u>	<u>0,156</u>	<u>1,40</u>	<u>75,59</u>	<u>2,31</u>	<u>29,80</u>	<u>0,44</u>
C1	Outono	5,61	4,83	2,76		166,7	0,027	26,75	1,18	0,118	1,49	171,2	0,80	6,07	1,44
C2		5,57	4,48	2,57	3,31	143,5	0,045	25,50	1,09	0,114	1,39	121,1	0,70	5,71	1,11
C3		5,42	4,98	2,23	3,31	108,7	0,020	19,50	1,06	0,105	1,36	101,9	0,90	9,79	0,89
Cps		5,23	5,00	2,14	3,48	155,0	0,022	11,25	0,95	0,099	1,53	110,0	0,58	6,71	1,07
Ccc		5,04	4,50	4,69	4,97	285,0	0,086	95,00	1,36	0,148	1,61	176,5	0,56	4,08	1,30
Flo		<u>8,48</u>	<u>5,13</u>	<u>1,29</u>	<u>2,03</u>	<u>77,67</u>	<u>0,020</u>	<u>9,67</u>	<u>1,59</u>	<u>0,175</u>	<u>1,39</u>	<u>84,92</u>	<u>0,70</u>	<u>6,23</u>	<u>0,56</u>
C1	Inverno	5,53	4,80	2,56	3,28	133,0	0,045	23,00	1,08	0,111	1,34	134,3	1,05	8,93	1,26
C2		5,64	5,03	2,66	3,21	156,2	0,040	24,00	1,08	0,109	1,38	110,7	1,27	10,17	0,95
C3		5,49	5,70	2,00	3,08	138,7	0,055	17,50	1,05	0,107	1,42	132,8	1,39	11,00	1,32
Cps		5,07	5,03	2,33	3,5	123,7	0,042	19,00	0,91	0,099	1,33	125,3	1,10	6,75	1,47
Ccc		5,44	5,33	5,26	5,5	191,6	0,110	79,33	1,30	0,146	1,37	198,1	1,51	8,02	1,54
Flo		<u>6,35</u>	<u>5,20</u>	<u>1,69</u>	<u>3,43</u>	<u>130,0</u>	<u>0,023</u>	<u>5,00</u>	<u>1,25</u>	<u>0,160</u>	<u>1,33</u>	<u>90,44</u>	<u>1,31</u>	<u>14,89</u>	<u>0,72</u>

Tabela 3. Continuação.

C1		6,86	5,15	2,27	4,48	146,2	0,085	62,50	1,11	0,121	1,65	118,6	2,02	21,20	1,19
C2		7,14	4,78	2,10	3,55	132,2	0,050	29,25	1,08	0,120	1,60	182,1	1,60	9,34	1,68
C3	Primavera	7,10	4,23	2,25	3,33	111,0	0,050	21,00	1,09	0,109	1,63	149,2	1,44	13,41	1,38
Cps		6,75	5,20	2,08	3,1	87,00	0,045	12,75	0,97	0,099	1,55	121,4	1,05	9,66	1,25
Ccc		7,79	5,10	3,10	4,7	159,0	0,103	134,0	1,24	0,153	1,64	202,1	2,13	10,33	1,64
<u>Flo</u>		<u>9,03</u>	<u>4,47</u>	<u>1,19</u>	<u>3,13</u>	<u>91,33</u>	<u>0,023</u>	<u>6,67</u>	<u>1,42</u>	<u>0,154</u>	<u>1,49</u>	<u>232,9</u>	<u>1,89</u>	<u>10,35</u>	<u>1,72</u>

Onde: C1 = Cafezal 1 linha guandu; C2 = Cafezal 2 linhas guandu; C3 = Cafezal 3 linhas guandu; Cps = Cafezal em pleno sol; Ccc = Cultura ciclo curto e Flo = Floresta secundária.

No outono foram observadas as menores precipitações e temperaturas. Segundo a Tabela 4, Y₁ responsável por 63% da informação contida nas variáveis originais, apresentou maior influência de K, CTC, pH, Ca+Mg, rel Ca:Mg e Bms em solo sob floresta, contudo essas variáveis apresentaram correlação negativa, o que implica em menor conteúdo nesse solo (Tabela 1 e 3). A Figura 4, dessa forma, segue a tendência observada no verão, quando os teores de K, CTC, pH, Ca+Mg, rel Ca:Mg e Bms e solo CCC estiveram correlacionados (Tabela 3). O Y₂, responsável por 24% da informação contida nas variáveis originais, voltou a evidenciar maior influência de %N e %C em solos de floresta e CCC. A Figura 4 segue a tendência já observada na Figura 3. É possível visualizar melhor a disposição de %N e %C, que juntamente com os solos de floresta e CCC situaram-se mais acima, implicando em um maior conteúdo dessas variáveis nesses solos.

Tabela 4. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y₁ e Y₂) durante o outono e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.

Outono	Y ₁	Y ₂
% carbono	0,1552	0,93539
% nitrogênio	0,12579	0,97128
Densidade aparente	-0,84885	0,20403
pH	-0,97573	-0,1099
Acidez potencial	0,72748	0,66704
Cálcio+magnésio	-0,97362	-0,16919
Relação Ca:Mg	-0,96542	0,10307
Fósforo	-0,87641	0,3452
Potássio	-0,987	0,14198
Sódio	-0,8529	0,38033
Biomassa microbiana do solo	-0,88936	0,00915
Respiração basal do solo	0,49424	-0,46492 -
Quociente metabólico	0,60556	0,62906
Quociente microbiano	-0,8276	-0,35307
% explicação	63,8	23,9
% explicação acumulada	63,8	87,8

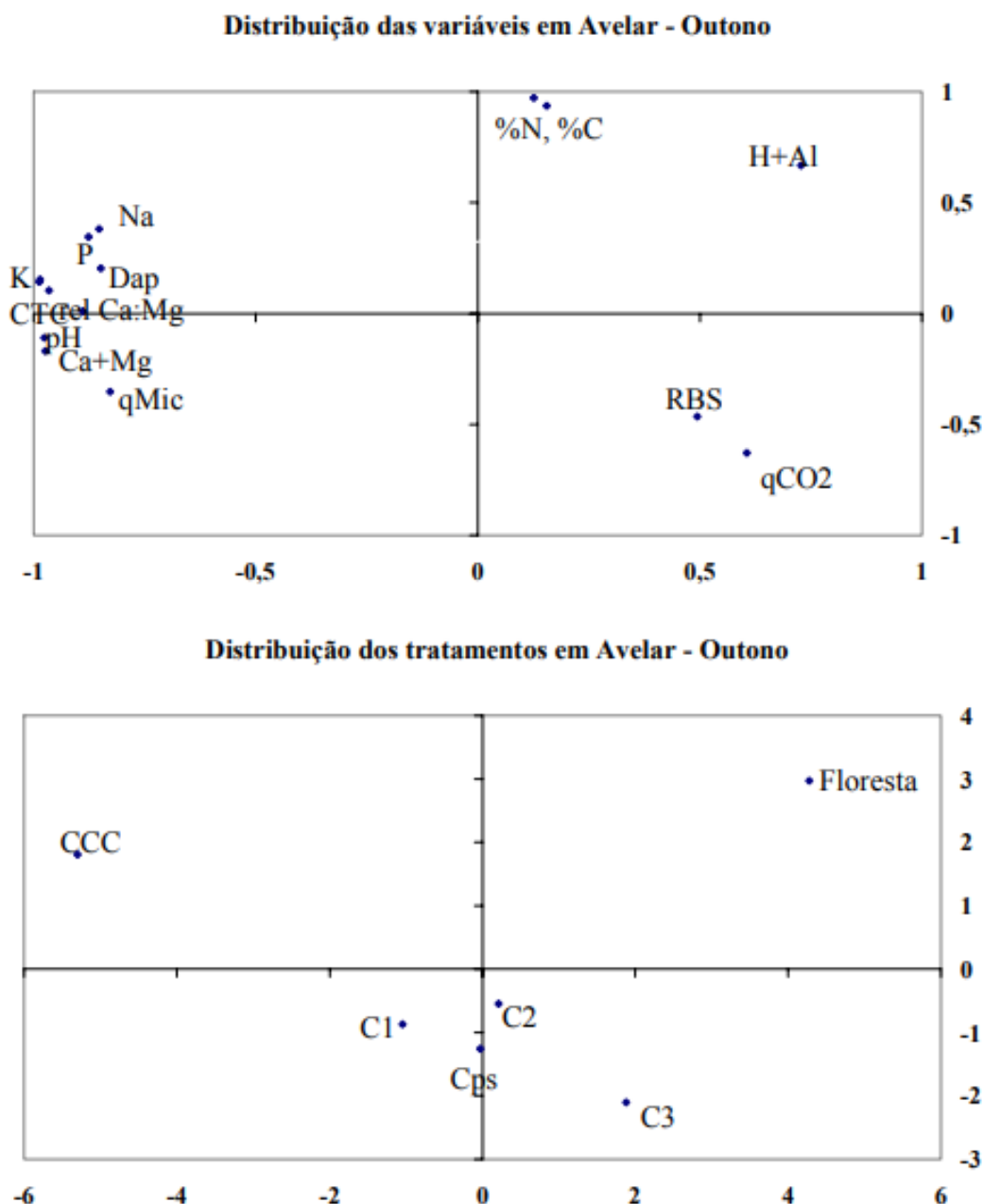


Figura 4. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o outono de 2002 em Avelar.
Onde: C1 = cafezal 1 linha de guandu; C2 = cafezal com 2 linhas de guandu; C3 = cafezal com 3 linhas de guandu; Cps = cafezal em pleno sol e CCC = cultura de ciclo curto.

No inverno a temperatura continua baixa, mas a precipitação foi similar ao verão. Pela Tabela 5, Y_1 responsável por 56% da informação contida nas variáveis originais, apresentou maior influência de Na, P, Bms, e rel Ca:Mg, tendo solo CCC apresentado maior influência dessas variáveis, segundo os dados originais, este solo apresenta maior conteúdo dessas variáveis (Tabela 3). A Figura 5 mostra que os teores de Na, P, Bms, e rel Ca:Mg, situados mais a direita estiveram correlacionados positivamente, o que mostra que essas variáveis apresentavam maior conteúdo desses elementos. Em Y_2 , responsável

por 31% da informação contida nas variáveis originais, manteve os resultados observados no verão e no outono com %N e %C, presente em maior quantidade em solos de floresta e CCC. Na Figura 3, é possível visualizar melhor a disposição de %N e %C, que juntamente com os solos de floresta e CCC situaram-se mais acima, implicando em um maior conteúdo dessas variáveis nesses solos.

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante o inverno e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.

Inverno	Y_1	Y_2
% carbono	0,349	0,915
% nitrogênio	0,065	0,938
Densidade aparente pH	0,357	0,052
Acidez potencial	0,844	-0,54
Cálcio+magnésio	-0,52	0,839
Relação Ca:Mg	0,859	0,367 0,19
Fósforo	0,956 0,975	0,176
Potássio	0,869	0,403
Sódio	0,982 0,974	0,12
Biomassa microbiana do solo	0,532	-0,02
Respiração basal do solo	-0,63	0,659
Quociente metabólico	0,753	0,734
Quociente microbiano		-0,55
% explicação	56,3	31,1
% explicação acumulada	56,3	87,3

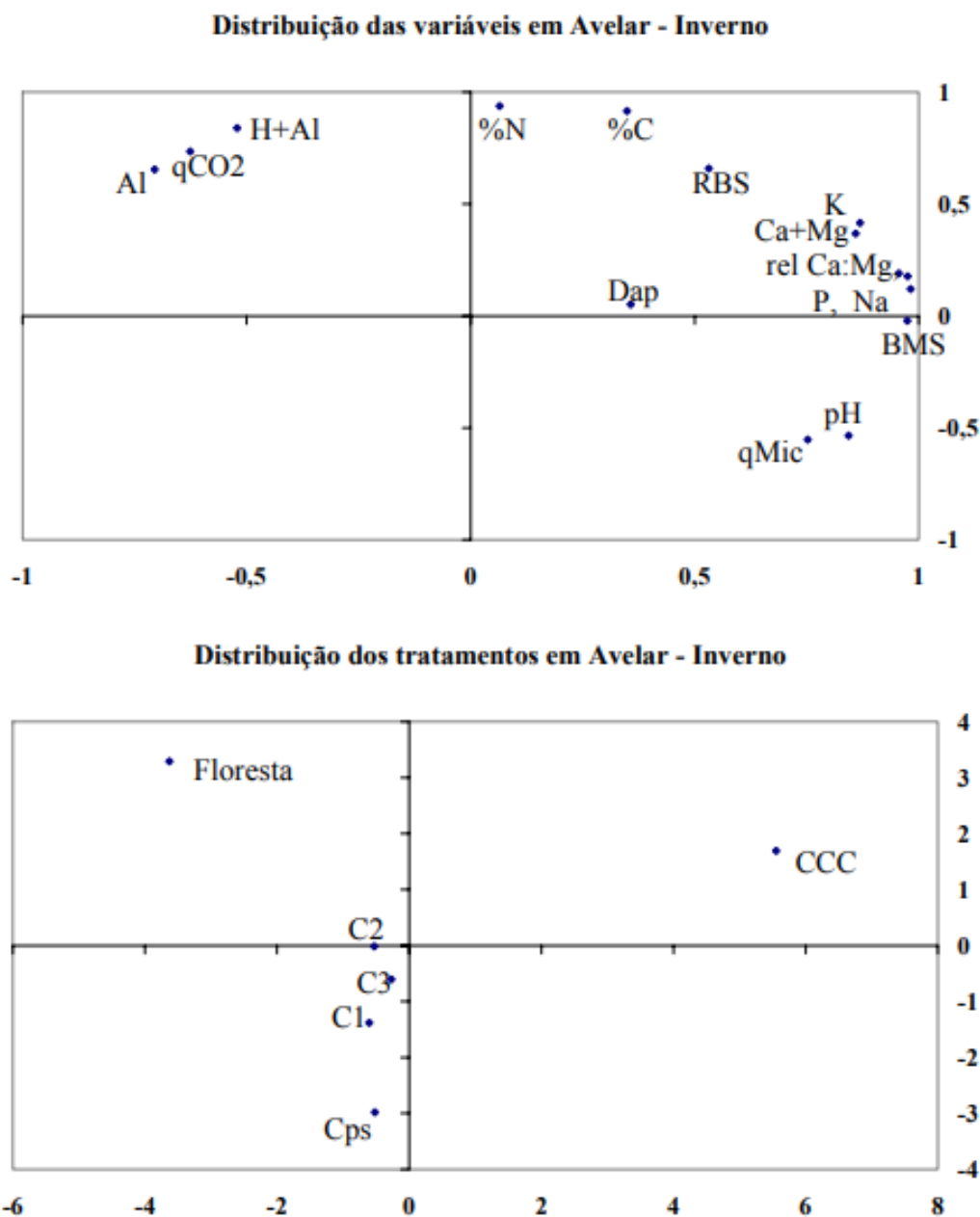


Figura 5. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o inverno de 2002 em Avelar.
Onde: C1 = cafezal 1 linha de guandu; C2 = cafezal com 2 linhas de guandu; C3 = cafezal com 3 linhas de guandu; Cps = cafezal em pleno sol e CCC = cultura de ciclo curto.

A primavera foi o mês de coleta com maior precipitação e marcado pelo aumento da temperatura, similar ao verão. Na primavera (Tabela 6) o Y_1 , responsável por 52% da informação contida nas variáveis originais, apresentou maior influência do Al, Dap, pH e Na em solo florestal, todavia, apenas o teor de Al apresentou correlação positiva,, enquanto Dap, pH e Na foram negativos, ou seja, apresentavam baixos valores em solo sob floresta (Tabela 1 e 3). Por outro lado, a Figura 6 mostra que os teores de pH, Dap,

Na, rel Ca:Mg e Ca, situados mais a esquerda, estiveram correlacionados negativamente, o que mostra que essas variáveis apresentavam baixo conteúdo desses elementos, enquanto o Al ficou mais a direita, indicando que solo sob floresta apresentava maior conteúdo deste elemento. Em Y₂, responsável por 35% da informação contida nas variáveis originais, o %N correlacionou-se aos solos CCC e floresta que apresentaram maior nível de %N. Na Figura 6, é possível visualizar melhor a disposição de %N, que juntamente com os solos CCC e floresta situaram-se mais acima, implicando em um maior conteúdo dessas variáveis nesses solos.

Tabela 6. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y₁ e Y₂) durante a primavera e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.

Primavera	Y ₁	Y ₂
% carbono	0,43886	0,86115
% nitrogênio	0,15851	0,97769
Densidade aparente pH	-0,9443	-0,0077 -
Acidez potencial	-0,9297	0,3145
Cálcio+magnésio	0,6306	0,76003
Relação Ca:Mg	-0,8432 -0,8816	0,5001
Fósforo	-0,7502 -0,8476	0,12032
Potássio	-0,9258	0,58101
Sódio	0,48975	0,48216
Biomassa microbiana do solo	-0,3221 -0,5132	0,31865
Respiração basal do solo	0,41498	0,82641
Quociente metabólico		0,87575
Quociente microbiano		-0,1166
		0,73009
% explicação	51,9	35,4
% explicação acumulada	51,9	87,3

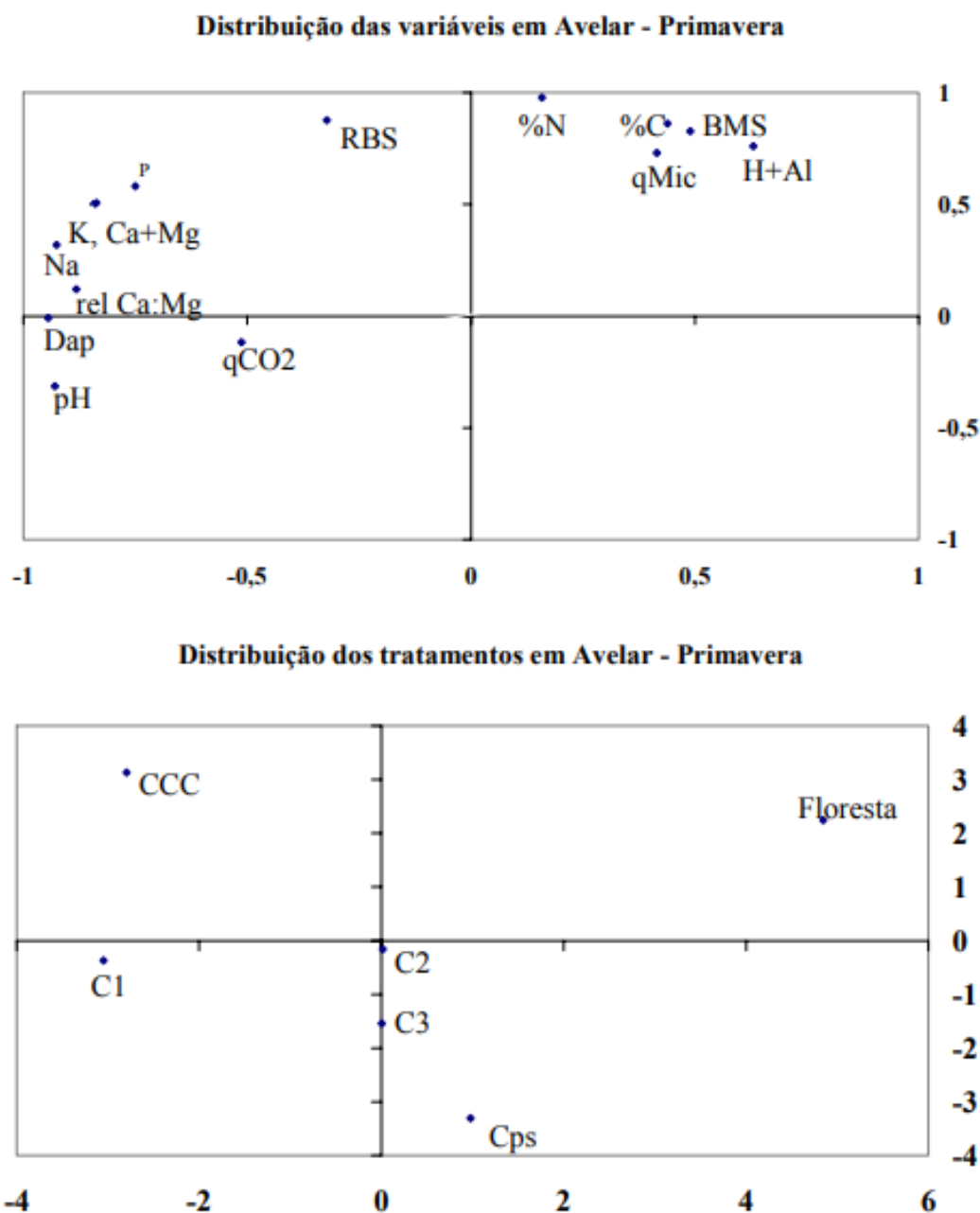


Figura 6. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante a primavera de 2002 em Avelar.
Onde: C1 = cafezal 1 linha de guandu; C2 = cafezal com 2 linhas de guandu; C3 = cafezal com 3 linhas de guandu; Cps = cafezal em pleno sol e CCC = cultura de ciclo curto.

Os resultados mostram que Ca, pH, rel Ca:Mg, K, CTC, Ca+Mg, BMS, Na e Dap estiveram correlacionados ao solo CCC, enquanto Al e areia ao solo sob floresta, durante todo o período monitorado. A resposta em solo CCC é coerente com o manejo adotado neste solo, uma vez que é uma área constantemente adubada, corrigida pelo uso da calagem e irrigada, e cuja cultura exige controle constante dos níveis de fertilidade necessários ao bom desempenho vegetativo. Correlações com estas variáveis também

foram encontradas por FALLEIRO et al., (2003) em sistema de plantio direto e por THEODORO et al., (2003) em cafezal sob sistema orgânico. Já em solo sob floresta areia e Al foram maiores, no caso do teor de areia isto se justifica por ser uma variável de caráter invariável, por outro lado, os maiores níveis de Al indicam tratar-se de um solo sob condição natural (THEODORO et al., 2003). A Tabela 7 permite observar que solo CCC apresentou níveis de pH e teores de Ca+Mg, P, K e rel Ca:Mg maiores que os demais tratamentos e a Tabela 8, que solo sob floresta apresentou os maiores níveis de Al, H+Al e areia.

Os níveis de Al foram maiores durante o outono e menores no inverno e na primavera, já H+Al foi maior no verão e na primavera (estações mais quentes) e menores no outono e inverno (estações mais frias).

Tabela 7. Teste de média do nível de pH, cálcio + magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo), fósforo (mg kg^{-1} de solo), potássio (mg kg^{-1} de solo), relação Ca:Mg, sódio (meq L^{-1}) e CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo) durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 nos tratamentos café com 1 linha de guandu; café com 2 linhas de guandu; café com 3 linhas de guandu; café a pleno sol; cultura anual e floresta, situados no distrito de Avelar, município de Paty do Alferes (Continua).

pH	Verão ^{1,2}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	4,95 b	5,02 b	5,07 a	5,32 a	5,09 b
C2	4,82 bc	4,77 b	5,00 a	5,10 a	4,92 b
C3	4,80 bc	4,82 b	5,02 a	5,00 a	4,91 b
Cps	5,15 b	4,97 b	5,20 a	5,12 a	5,11 bc
CCC	5,65 a	5,70 a	5,37 a	5,20 a	5,46 a
Floresta	4,47 c	4,23 c	4,50 b	4,47 b	4,42 c
Média	4,91 B	4,92 B	5,04 A	5,05 A	
Ca+Mg	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	3,82 b	4,02 ab	3,27 b	4,47 ab	3,90 b
C2	3,37b	3,30 bc	3,20 b	3,55 ab	3,36 b
C3	3,15 b	3,30 bc	3,07 b	3,32 ab	3,21 b
Cps	3,65 b	3,47 bc	3,50 b	3,10 b	3,43 b
CCC	5,50 a	4,97 a	5,50 a	4,70 a	5,14 a
Floresta	2,82 b	2,03 c	3,43 b	3,13 b	2,86 b
Média	3,56 A	3,52 A	3,59 A	3,69 A	
P	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	24,75 b	26,75 b	23,00 b	62,50 b	34,25 ab
C2	24,00 b	25,50 b	24,00 b	29,25 bc	25,69 b
C3	21,00 b	19,50 b	17,50 b	21,00 c	19,75 b
Cps	10,50 b	11,25 b	19,00 b	12,75 c	13,37 c
CCC	162,00 a	95,00 a	79,33 a	134,00 a	113,55 a
Floresta	7,75 b	9,67 b	5,00 b	6,67 c	7,31 c
Média	30,72 AB	29,36 AB	26,68 B	42,00 A	

Tabela 7. Continuação.

K	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	117,75 a	166,75 b	133,00 a	146,25 a	140,94 b
C2	107,50 a	143,50 b	156,25 a	132,25 a	134,87 b
C3	108,75 a	108,75 b	138,75 a	111,00 a	116,81 b
Cps	123,75 a	155,00 b	123,75 a	87,00 a	122,37 b
CCC	161,00 a	285,00 a	191,67 a	159,00 a	202,64 a
Floresta	96,75 a	77,67 b	130,00 a	91,33 a	98,77 b
Média	115,45 B	153,82 A	144,18 AB	120,77 B	
Rel. Ca:Mg	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	1,71 bc	2,76 b	2,56 b	2,27 ab	2,32 b
C2	1,74 bc	2,57 b	2,66 b	2,10 ab	2,27 b
C3	2,11 abc	2,23 bc	2,00 b	2,25 ab	2,15 b
Cps	2,35 ab	2,14 bc	2,33 b	2,07 ab	2,22 b
CCC	3,24 a	4,69 a	5,26 a	3,10 a	4,15 a
Floresta	0,93 c	1,29 c	1,69 b	1,18 b	1,25 c
Média	1,90 B	2,58 A	2,68 A	2,16 B	
Na	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	0,025 b	0,027 b	0,045 b	0,085 a	0,045 b
C2	0,030 b	0,045 b	0,040 b	0,050 b	0,041 bc
C3	0,035 b	0,020 b	0,055 b	0,050 b	0,040 bc
Cps	0,030 b	0,022 b	0,042 b	0,045 b	0,035 bc
CCC	0,120 a	0,086 a	0,110 a	0,103 a	0,106 a
Floresta	0,037 b	0,020 b	0,023 b	0,023 b	0,026 c
Média	0,046 B	0,035 C	0,051 AB	0,059 A	

¹

Valores seguidos por letras minúsculas, na coluna, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos durante cada estação;

²

Valores seguidos por letras maiúsculas, na linha, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos ao longo das estações.

Onde: C1 = cafezal 1 linha de guandu; C2 = cafezal com 2 linhas de guandu; C3 = cafezal com 3 linhas de guandu; Cps = cafezal em pleno sol e CCC = cultura de ciclo curto.

Tabela 8. Teste de média para a acidez potencial ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo) durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 nos tratamentos café com 1 linha de guandu; café com 2 linhas de guandu; café com 3 linhas de guandu; café a pleno sol; cultura anual e floresta, situados no distrito de Avelar, município de Paty do Alferes.

H+Al	Verão ^{1,2}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	6,900 b	5,605 b	5,527 ab	6,862 b	6,223 b
C2	7,520 b	5,567 b	5,642 ab	7,135 b	6,466 b
C3	7,445 b	5,412 b	5,490 ab	7,095 b	6,360 b
Cps	7,132 b	5,225 b	5,072 b	6,745 b	6,043 b
CCC	7,097 b	5,033 b	5,440 ab	7,793 b	6,399 b
Floresta	8,722 a	8,476 a	6,350 a	9,033 a	8,190 a
Média	7,469 A	5,807 B	5,559 B	7,355 A	

¹ Valores seguidos por letras minúsculas, na coluna, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos durante cada estação;

² Valores seguidos por letras maiúsculas, na linha, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos ao longo das estações.

Onde: C1 = cafezal 1 linha de guandu; C2 = cafezal com 2 linhas de guandu; C3 = cafezal com 3 linhas de guandu; Cps = cafezal em pleno sol e CCC = cultura de ciclo curto.

Os fatores climáticos não influenciaram na disponibilidade de variáveis químicas, contudo, em relação aos atributos microbianos observou-se maior flutuação dos seus teores, principalmente de BMS que foi o único atributo a apresentar correlação acima de 0,90, o que ocorreu durante o inverno, período do ano onde se observou aumento da precipitação, em torno de 100 mm, e temperaturas médias na faixa de 20°C. por outro lado, pela Tabela 9 percebe-se que a primavera foi a estação mais favorável a BMS, independente do tratamento e o verão o menos favorável, comportamento similar foi obtido para o qMic. Já a RBS e o qCO₂ apresentaram maiores níveis durante o verão, estação mais quente do ano.

As variáveis microbianas apresentaram menor variação em seus níveis, o que pode revelar maior sensibilidade às mudanças provocadas pelo manejo do solo e pelas condições edafoclimáticas. De qualquer modo, percebeu-se que a BMS esteve fortemente associado ao solo sob CCC por quase todo o período. É possível que as condições proporcionadas pelo cultivo (adubação e irrigação) tenham favorecido o desenvolvimento microbiano (Figura 2, 3, 4 e 5). ANDERSON (1981) observou que o aumento da umidade do solo elevou biomassa microbiana e ANDRADE et al., (1995) observaram aumento do qMic em solos que sofreram calagem e onde os níveis de pH, P, K, Ca e Mg foram elevados em níveis satisfatórios, mesma condição observada em CCC. A Tabela 9 mostra que durante todo o ano não foram observadas diferenças entre os tratamentos envolvidos, no entanto, a primavera foi a estação que apresentou melhores níveis de BMS e qMic, enquanto o verão foi o menos favorável.

Tabela 9. Teste de média biomassa microbiana do solo (mg C kg solo⁻¹), respiração basal do solo (mg C-CO₂ kg solo h⁻¹), quociente metabólico (mg C-CO₂ g Cmic.h⁻¹) e quociente microbiano (mg Cmic 100mg Corg⁻¹) durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 nos tratamentos café com 1 linha de guandu; café com 2 linhas de guandu; café com 3 linhas de guandu; café a pleno sol; cultura anual e floresta, situados no distrito de Avelar, município de Paty do Alferes.

BMS	Verão ^{1,2}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	82,68 a	171,24 a	134,34 a	118,60 a	126,71 a
C2	114,33 a	121,15 a	110,78 a	182,16 a	132,11 a
C3	115,80 a	101,92 a	132,86 a	149,26 a	124,96 a
Cps	87,56 a	110,06 a	125,31 a	121,44 a	111,09 a
CCC	142,04 a	176,50 a	198,17 a	202,18 a	183,15 a
Floresta	75,58 a	84,92 a	90,44 a	232,90 a	117,47 a
Média	99,45 B	127,35 AB	130,86 AB	163,23 A	
RBS	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	2,06 a	0,80 a	1,05 a	2,02 a	1,48 a
C2	2,79 a	0,70 a	1,27 a	1,60 a	1,59 a
C3	2,70 a	0,90 a	1,39 a	1,44 a	1,60 a
Cps	1,67 a	0,58 a	1,09 a	1,05 a	1,10 a
CCC	2,34 a	0,56 a	1,51 a	2,13 a	1,57 a
Floresta	2,31 a	0,70 a	1,31 a	1,89 a	1,61 a
Média	2,31 A	0,71 C	1,26 BC	1,66 AB	
qCO ₂	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	38,19 a	6,06 a	8,93 a	21,20 a 9,34	18,60 a
C2	21,91 ab	5,71 a	10,17 a	a	11,78 a
C3	27,43 ab	9,79 a	11,00 a	13,41 a 9,66	15,41 a
Cps	23,00 ab	6,71 a	6,75 a	a	11,53 a
CCC	11,94 b	4,08 a	8,02 a	10,33 a	8,29 a
Floresta	29,80 ab	6,23 a	14,89 a	10,35 a	16,43 a
Média	26,61 A	6,55 B	9,82 B	12,57 B	
qMic	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	0,58 a	1,44 a	1,26 a	1,19 a	1,12 a
C2	0,79 a	1,11 a	0,95 a	1,68 a	1,13 a
C3	0,74 a	0,89 a	1,32 a	1,38 a	1,08 a
Cps	0,53 a	1,07 a	1,47 a	1,25 a	1,08 a
CCC	0,66 a	1,30 a	1,54 a	1,64 a	1,34 a
Floresta	0,44 a	0,56 a	0,72 a	1,73 a	0,83 a
Média	0,62 C	1,07 B	1,22 AB	1,46 A	

¹ Valores seguidos por letras minúsculas, na coluna, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos durante cada estação;

² Valores seguidos por letras maiúsculas, na linha, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos ao longo das estações.

Onde: C1 = cafezal 1 linha de guandu; C2 = cafezal com 2 linhas de guandu; C3 = cafezal com 3 linhas de guandu; Cps = cafezal em pleno sol e CCC = cultura de ciclo curto.

As variáveis pH, Ca+Mg, Ca, rel Ca:Mg, P, K, Na e CTC apresentaram correlações positivas entre si, indicando que seus teores estavam relacionados, ao contrário dos teores de areia e Al que apresentaram relação inversa a essas mesmas variáveis. As variáveis BMS e q_{Mic} apresentaram, entre si, correlação positiva e negativa com a RBS e q_{CO_2} . O que está em acordo ao proposto por INSAM et al., (1991), quando maiores teores de C possibilitam aumento da BMS e conseqüente redução do q_{CO_2} . Na Tabela 8, RBS e q_{CO_2} apresentaram maiores níveis no verão, estação menos favorável a BMS e q_{Mic} , não tendo sido detectada diferença entre os tratamentos durante o ano e nem entre as médias finais. O q_{CO_2} alto durante verão e inverno mostra que o ambiente passa por alguma perturbação, haja vista, que solo sob floresta está associado, usualmente, a um menor q_{CO_2} se comparado a agroecossistemas (PIMENTEL, 2001). O maior q_{CO_2} nesse tipo de solo pode estar associado ao pH, pois segundo ANDERSON & DOMSCH (1993) valores baixos de pH provocavam aumento do q_{CO_2} , como é o caso do solo sob floresta em questão durante essas estações.

Os dados originais das variáveis analisadas para cada tratamento e a correlação entre variáveis, apresentados em Tabela 3, respectivamente, auxiliam na melhor interpretação dos resultados. A utilização de variáveis químicas e físicas foi eficiente para revelar o contraste existente entre CCC e floresta, sendo possível inferir que todos os tratamentos que utilizaram cafeeiros (C1, C2, C3 e Cps), estiveram situados entre os dois extremos, denotando serem solos de características químicas e físicas intermediárias aos demais.

A segunda componente principal (Y_2) esta componente proporcionou uma explicação da análise. Pelo resultado final, percebe-se que Y_2 apresentou maior influência de %N, %C e RBS. Solo sob floresta e CCC foram fortemente correlacionados durante as quatro estações climáticas monitoradas, ou seja, os teores destes elementos foram maiores nesses solos. Solos de cafezais apresentaram menor influência de %N e %C. O cultivo de cafeeiro em pleno sol favorece esse comportamento, provocando a rápida mineralização da matéria orgânica devido ao aumento da temperatura do solo que eleva a atividade microbiana (SAMPAIO et al., 2003; SOUZA & ALVES, 2003; FALLEIRO et al., 2003). Apesar da presença do guandu (leguminosa fixadora de N no solo), não houve forte correlação com esses sistemas, pois era esperado um incremento de N ao solo, como também de C, pois o solo permaneceu coberto por longo período. Solos de floresta e CCC apresentaram maior conteúdo de N e C, justificável pelo maior aporte de N mineral e de restos vegetais em solos de CCC e floresta, respectivamente. LEITE et al., (2003) e JÚNIOR & MELO (2000) observaram maiores estoques de %N e %C em solo sob floresta. A Tabela 10 permite observar que solos de floresta e CCC apresentaram teores de %N e %C maiores que os demais tratamentos.

Tabela 10. Teste de média do %N, %C e densidade aparente do solo (g cm^{-3}) durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 nos tratamentos café com 1 linha de guandu; café com 2 linhas de guandu; café com 3 linhas de guandu; café a pleno sol; cultura anual e floresta, situados no distrito de Avelar, município de Paty do Alferes.

%N	Verão ^{1,2}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	0,118 b	0,118 bc	0,111 bc	0,121 ab	0,117 b
C2	0,116 b	0,114 bc	0,109 c	0,119 ab	0,115 b
C3	0,116 b	0,105 c	0,107 c	0,109 b	0,109 b
Cps	0,126 ab	0,099 c	0,099 c	0,099 b	0,106 b
CCC	0,140 ab	0,148 ab	0,146 ab	0,153 a	0,146 a
Floresta	0,156 a	0,175 a	0,160 a	0,154 a	0,161 a
Média	0,129 A	0,123 A	0,119 A	0,123 A	
%C	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	1,01 c	1,18 bc	1,07 ab	1,11 b	1,09 b
C2	1,08 bc	1,09 bc	1,08 ab	1,08 b	1,08 b
C3	1,04 bc 0,98	1,06 c	1,05 ab	1,08 b	1,06 b
Cps	c	0,96 c	0,92 b	0,97 b	0,96 b
CCC	1,30 ab	1,36 ab	1,30 a	1,24 ab	1,30 a
Floresta	1,40 a	1,58 a	1,24 a	1,42 a	1,41 a
Média	1,12 A	1,18 A	1,10 A	1,13 A	
DAP	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	88,73 ab	77,76 ab	69,90 a	85,89 a	80,57 a
C2	83,37 ab	72,38 ab	71,70 a	83,17 a	77,66 ab
C3	91,13 a	70,92 b	73,94 a	84,94 a	80,23 a
Cps	77,39 bc	79,80 ab	69,03 a	80,62 a	76,71 ab
CCC	80,67 abc	84,02 a	71,61 a	85,64 a	80,47 a
Floresta	69,56 c	72,44 ab	69,32 a	77,50 a	72,04 b
Média	81,91 A	76,04 B	70,96 C	83,09 A	

¹ Valores seguidos por letras minúsculas, na coluna, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos durante cada estação;

² Valores seguidos por letras maiúsculas, na linha, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos ao longo das estações.

Onde: C1 = cafezal 1 linha de guandu; C2 = cafezal com 2 linhas de guandu; C3 = cafezal com 3 linhas de guandu; Cps = cafezal em pleno sol e CCC = cultura de ciclo curto.

Quanto ao solo sob CCC, a constante utilização da adubação nitrogenada aliada à irrigação permanente, permitiu o crescimento de uma vegetação espontânea rica, principalmente em gramíneas, que pelo constante crescimento radicular, favorecido pelo manejo, criaram condições favoráveis ao desenvolvimento microbiano, além da contínua renovação do sistema radicular que pode ter elevado o teor de C no solo D'ANDREA et al., (2002) observaram aumento do teor de C microbiano em solo sob pastagem.

Ensaio 2 – Santa Mônica

Na Tabela 12 são apresentados as relações dos tratamentos envolvidos neste estudo e os respectivos valores dos dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2), que juntamente explicaram mais de 70% da análise, em cada estação do ano. Os números entre parênteses correspondem a ordenação decrescente dos tratamentos com relação aos valores de cada componente principal, o que resulta em uma influência decrescente das variáveis do solo que apresentaram maior correlação com o determinado componente principal. Assim, quanto maior é o valor de Y_1 e Y_2 maior é a influência da variável altamente correlacionada com ele.

Nos períodos de outono, inverno, primavera e verão, os dois primeiros componentes principais explicaram, respectivamente, cerca de 88, 89, 87 e 81% da informação contida no conjunto das 18 variáveis originais analisadas correspondentes. Com os valores de correlação das variáveis com os componentes principais (Y_1 e Y_2) foram construídos os gráficos de distribuição espacial das variáveis analisadas. Quanto mais próximo, em valor absoluto, de 1,00 para cada componente principal, mais forte a correlação da variável com a componente, enquanto para a disposição dos tratamentos nas Figuras utilizou-se o mesmo procedimento. Com os valores de correlação das variáveis com os componentes principais (Y_1 e Y_2) foram construídos os gráficos de distribuição espacial das variáveis analisadas. Quanto mais próximo, em valor absoluto, de 1,00 para cada componente principal, mais forte a correlação da variável com a componente, enquanto para a disposição dos tratamentos nas Figuras 6, 7, 8 e 9 utilizouse o mesmo procedimento.

Correlações acima de 0,90 foram consideradas como aquelas de alto poder discriminatório, dessa forma pode-se citar que no outono H+Al (0,99), pH (-0,96), Dap (-0,90); no inverno foram: pH (0,98), qMic (0,976), Ca+Mg (0,968), K (0,915), Bms (0,911) e H+Al (-0,995) e qCO₂ (-0,96); na primavera foram: H+Al (0,986) e pH (0,987) e no verão: H+Al (0,993), pH (-0,98), Ca+Mg (-0,97). Assim sendo, essas variáveis foram as que mais contribuíram para a explicação da primeira componente principal, ou seja, apresentou maior influência sobre os tratamentos.

Tabela 11. Valores dos dois componentes principais (Y_1 e Y_2) para os tratamentos em estudo em Santa Mônica, referentes às combinações entre os tratamentos e as estações climáticas. Os valores entre parênteses correspondem à ordenação decrescente dos tratamentos para Y_1 e Y_2 .

Tratamento	Estação climática	Y_1	Y_2
Cav	Outono	-1,7232 (4)	1,206 (2)
Csav		-1,0445 (3) -1,7686	-0,6224 (5)
Iav		(5) -2,3466 (6)	0,43659 (4)
Isav		1,23116 (2) 5,65173	1,07582 (3)
Pastagem		(1)	-3,7486 (6)
Floresta			1,65258 (1)
Cav	Inverno	2,18342 (2)	-0,4375 (5)
Csav		1,50102 (4)	0,76097 (2)
Iav		2,63615 (1)	-0,1242 (4)
Isav		1,62887 (3)	0,73992 (3)
Pastagem		-3,0977 (5)	-3,2052 (6)
Floresta		-4,8518 (6)	2,26591 (1)
Cav	Primavera	-1,2776 (3)	2,13544 (1)
Csav		-1,2987 (4) -1,9713	1,09337 (3)
Iav		(5) -2,0334 (6)	-0,3645 (5) -
Isav		1,44263 (2)	0,3627 (4) -
Pastagem		5,13839 (1)	4,2064 (6)
Floresta			1,70489 (2)
Cav	Verão	-2,1382 (6)	1,37607 (2)
Csav		-1,8892 (5) -1,7967	-0,5189 (4)
Iav		(4)	1,0474 (3)
Isav		-1,4923 (3)	-0,7452 (5) -
Pastagem		2,11238 (2) 5,20403	2,8353 (6)
Floresta		(1)	1,67582 (1)

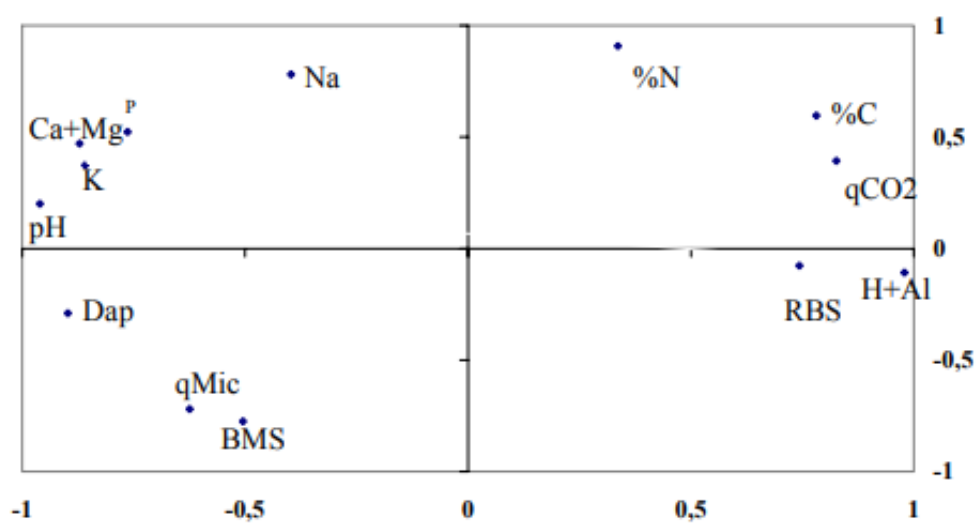
Onde: Cav = Cv catuaí av; Csav = Cv catuaí sav; Iav = Cv icatu av e Isav = Cv icatu sav.

No outono (Tabela 13) o Y_1 , responsável por 62% da informação contida nas variáveis originais, apresentou maior influência de H+Al, Al, pH e Dap em solo florestal (Tabela 12). A Figura 7 mostra que os teores de pH e Dap, situados mais a esquerda, estiveram correlacionados negativamente, o que mostra que essas variáveis apresentavam baixo conteúdo desses elementos, enquanto H+Al e Al ficaram mais a direita, indicando que solo sob floresta apresentava maior conteúdo desses elementos. A Tabela de dados originais, em Tabela 14, ratifica o resultado encontrado, uma vez que solo sob floresta apresentou os maiores teores de H+Al e Al. Por outro lado, os teores de pH e Dap foram os menores, daí a correlação ter sido negativa. Em Y_2 , responsável por 27% da informação contida nas variáveis originais, o solo sob pastagem destacou-se pela correlação negativa do %N, ou seja, pelo seu baixo conteúdo. Na Figura 8, é possível visualizar melhor a disposição de %N e solo sob pastagem que se situaram mais acima, implicando em um maior conteúdo dessa variável nesse em pastagem.

Tabela 12. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y₁ e Y₂) durante o outono e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.

Outono	Y ₁	Y ₂
% carbono	0,78186	0,59608
% nitrogênio	0,33625	0,90767
Densidade aparente	-0,8974	-0,2902
pH	-0,9603	0,20092
Acidez potencial	0,99	-0,0705
Cálcio+magnésio	-0,8713	0,47113
Fósforo	-0,7632	0,52233
Potássio	-0,8587	0,37356
Sódio	-0,3966 -0,5044	0,78129
Biomassa microbiana do solo	0,74344	-0,7742 -
Respiração basal do solo	0,82617	0,0767
Quociente metabólico	-0,6246	0,39344
Quociente microbiano		-0,7198
% explicação	0,61537	0,26631
% explicação acumulada	0,61537	0,88167

Distribuição das variáveis em Santa Mônica - Outono



Distribuição dos tratamentos em Santa Mônica - Outono

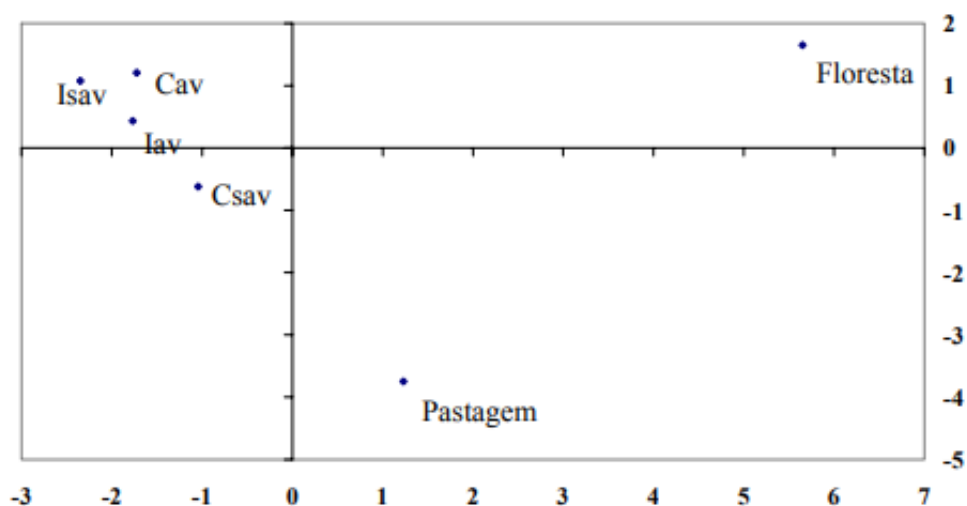


Figura 7. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o outono de 2002 em Santa Mônica.

Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde; Isav = icatu sem adubação verde.

Tabela 13. Conjunto das variáveis BMS (mg C kg solo⁻¹), RBS (mg C-CO₂ kg solo h⁻¹), qCO₂ (mg C-CO₂ g Cmic.h⁻¹), qMic (mg Cmic 100mg Corg⁻¹), %C, %N, Dap (g cm⁻³), pH (cmol_c dm⁻³ de solo), H+Al (cmol_c dm⁻³ de solo), Ca+Mg (cmol_c dm⁻¹ de solo), P (mg kg⁻¹ de solo), K (mg kg⁻¹ de solo) e Na (meq L⁻¹), utilizados para a ACP em Santa Mônica (valores médios).

Trat	Época	H+Al	pH	Na	Ca+Mg	K	P	C	N	Dap	Bms	Rbs	qCO ₂	qMic
Cav	Outono	5,67	5,55	0,042	4,33	136,5	43,00	1,39	0,171	1,23	369,5	1,82	5,61	2,70
Csav		5,86	5,50	0,037	3,65	153,7	15,25	1,35	0,164	1,24	396,6	2,33 1,78	6,16	2,97
Iav		5,28 5,47	5,53 5,50	0,042	4,35 4,38	122,5	26,50	1,32 1,31	0,167	1,23 1,17	386,7	1,52 1,99	4,70 4,63	2,57
Isav		8,34	4,70	0,042	0,67 0,83	153,7	45,75	1,26	0,162	1,18	342,3	2,43	4,85 8,32	2,95
Pas		11,05	4,30	0,036		39,00	4,00	1,63	0,125	0,99	410,6			3,25
Flo				0,040		37,67	4,67		0,195		308,1			1,92
Cav	Inverno	5,43	5,38	0,042	3,98	145,0	20,00	1,43	0,170	1,41	332,4	1,76	5,16	2,37
Csav		5,39	5,55	0,052	3,90	147,5	27,50	1,42	0,162	1,37	241,1	2,02	7,89	1,73
Iav		4,96 5,28	5,73 5,65	0,047	5,00 4,53	122,7	86,25	1,23 1,33	0,171	1,36 1,36	307,1	1,58 2,20	7,93	2,36
Isav		8,86	4,40	0,050	0,50	105,2	48,25	1,37	0,168	1,37	280,6	1,27	8,31	2,12
Pas		10,32	4,07	0,040	0,63	28,67	2,67	1,83	0,129	1,18	130,9	2,37	12,97	0,96
Flo				0,050		40,33	4,67		0,195		162,6		15,76	0,59
Cav	Primavera	6,63	5,55	0,050	4,00	116,5	38,75	1,34	0,153	1,41	296,5	2,26	7,30	2,24
Csav		7,34	5,60	0,042	3,35	113,7	14,25	1,29	0,145	1,38	293,9	1,88	6,50	2,30
Iav		7,08 6,78	5,53 5,63	0,040	3,68 3,83	118,7	19,75	1,29 1,36	0,149	1,44 1,42	265,2	0,97 0,76	4,11 4,28	2,01
Isav		9,89	4,73	0,040	0,50	96,00	53,50	1,29	0,152	1,51	269,5	0,76 2,32	4,96	1,94
Pas		12,44	4,10	0,040	0,83	19,33	3,00	1,97	0,123	1,17	165,6		6,98	1,25
Flo				0,053		46,00	4,00		0,195		335,4			1,70
Cav	Verão	7,23	5,28	0,045	3,35	136,5	9,00	1,39	0,133	1,41	145,9	1,58	9,52	1,05
Csav		7,38	5,33	0,050	3,38	103,5	9,00	1,42 1,26	0,134	1,53	116,9	0,88	7,82	0,81
Iav		7,08 7,08	5,50 5,35	0,045	3,38 3,68	89,75	12,75	1,28	0,130	1,36	166,5	1,43	8,75	0,86
Isav		9,89	4,73	0,065	1,30	68,00	17,50	1,45	0,154	1,35	105,4	1,19 1,34	12,84	1,15
Pas		11,69	4,23	0,060	0,70	50,33	4,00	1,74	0,115	1,46	86,98	2,44	29,03	0,58
Flo				0,056		41,33	3,00		0,176	1,21	168,2		18,77	0,58

Onde: Cav = Cv catuaí com adubação verde; Csav = Cv catuaí sem adubação verde; Iav = Cv icatu com adubação verde; Isav = Cv icatu sem adubação verde; Pas = Pastagem e Flo = Floresta.

No inverno (Tabela 15) o Y_1 , responsável por 66% da informação contida nas variáveis originais, apresentou maior influência de pH, qMic, Ca+Mg, K, CTC, Bms e H+Al, Al e qCO₂, quando solos de lav, Cav, Isav e Isav apresentaram maior influência dessas variáveis (Tabela 12). A Figura 8 mostra que os teores de pH, qMic, Ca+Mg, K, CTC e Bms, situados mais a direita, estiveram correlacionados positivamente, o que mostra que essas variáveis apresentavam maior conteúdo desses elementos em solo sob cafezal, enquanto o H+Al, Al e qCO₂ ficaram mais a esquerda, implicando em menor conteúdo nesses tratamentos (Tabela 14). O Y_2 , responsável por 22% da informação contida nas variáveis originais, apresentou maior influência de RBS e %N, quando solo sob floresta destacou-se pelos maiores teores. Na Figura 8, é possível visualizar melhor a disposição de RBS, %N e solo sob floresta que se situaram mais acima, implicando em um maior conteúdo dessas variáveis nesse tratamento.

Tabela 14. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante o inverno e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.

Inverno	Y_1	Y_2
% carbono	-0,7587	0,54468
% nitrogênio	-0,0217	0,9238
Densidade aparente	0,752	-0,6138
pH	0,98159	0,06978
Acidez potencial	-0,9951	0,00004
Cálcio+magnésio	0,96832	0,20762
Fósforo	0,72337	0,13578
Potássio	0,91477	0,23377
Sódio	0,15371	0,8458
Biomassa microbiana do solo	0,91154	0,21176
Respiração basal do solo	-0,1236	0,93401
Quociente metabólico	-0,9587	0,08553
Quociente microbiano	0,97656	-0,0303
% explicação	0,66344	0,22321
% explicação acumulada	0,66344	0,88665

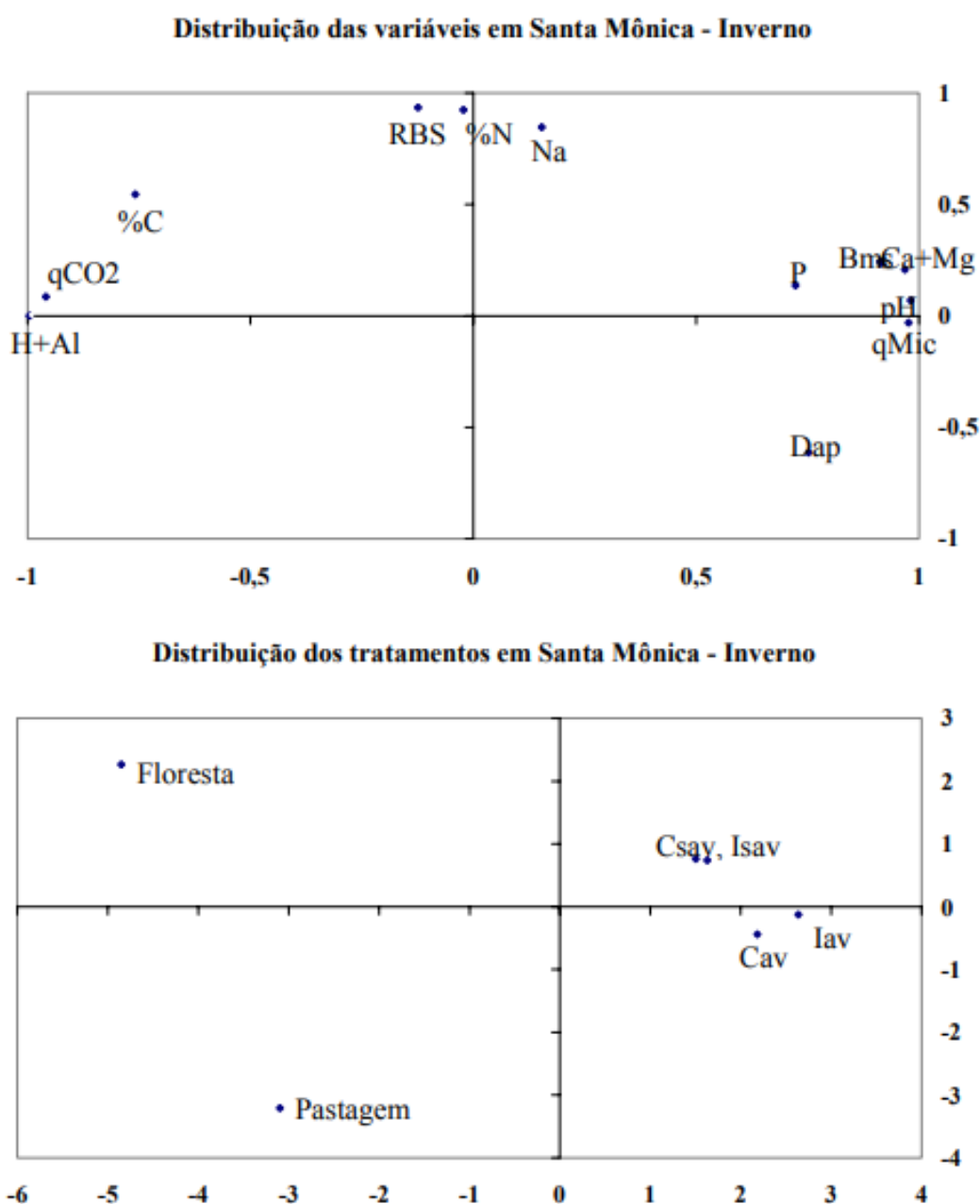


Figura 8. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o inverno de 2002 em Santa Mônica.
Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde; Isav = icatu sem adubação verde.

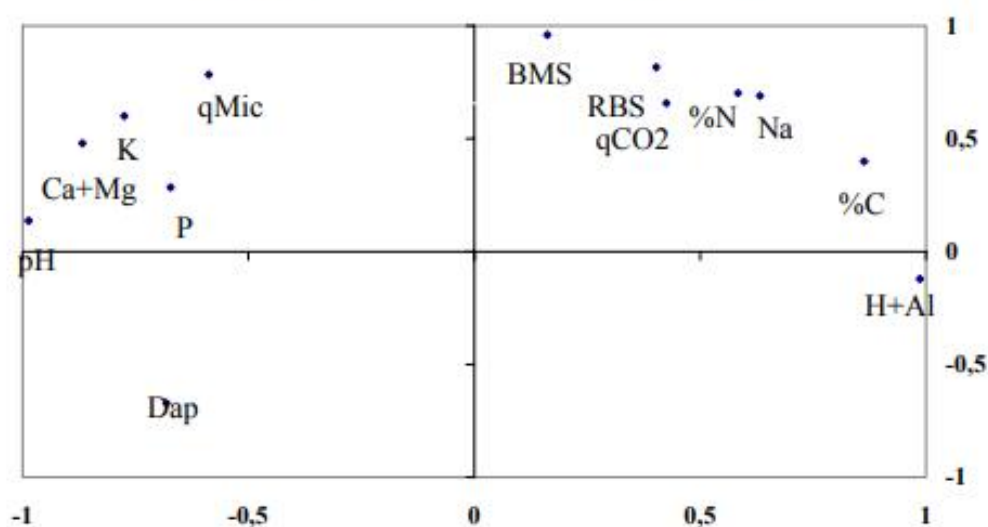
Na primavera (Tabela 16) o Y_1 , responsável por 55% da informação contida nas variáveis originais, apresentou maior influência de H+Al, Al e pH. Solo sob floresta apresentou maior influência de H+Al e Al, enquanto pH foi correlacionado negativamente (Tabela 12). A Figura 9 mostra que os teores de H+Al e Al, situados mais a direita, estiveram correlacionados positivamente, o que mostra que essas variáveis apresentavam maior conteúdo desses elementos em solo sob floresta, enquanto pH ficou mais a esquerda, implicando em menor conteúdo (Tabela 14). Em Y_2 , responsável por 34% da informação contida nas variáveis originais, apresentou

maior influência da BMS, quando solo Cav, floresta e Csav apresentaram maior teor dessa variável. Na Figura 9, é possível visualizar melhor a disposição de BMS e destes tratamentos que se situaram mais acima, implicando em um maior conteúdo dessas variáveis nesses tratamentos.

Tabela 15. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2) durante a primavera e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.

Primavera	Y_1	Y_2
% carbono	0,86275	0,39894
% nitrogênio	0,58383	0,70138
Densidade aparente pH	-0,6811	-0,6725
Acidez potencial	-0,9867	0,13716 -
Cálcio+magnésio	0,98653	0,121
Fósforo	-0,8678	0,47921
Potássio	-0,6725 -0,7749	0,2841
Sódio	0,63274 0,16205	0,59978
Biomassa microbiana do solo		0,69031
		0,95943
Respiração basal do solo	0,40311	0,81654
Quociente metabólico	0,42531	0,65747
Quociente microbiano	-0,588	0,78387
% explicação	0,53099	0,35494
% explicação acumulada	0,53099	0,88593

Distribuição das variáveis em Santa Mônica - Primavera



Distribuição dos tratamentos em Santa Mônica - Primavera

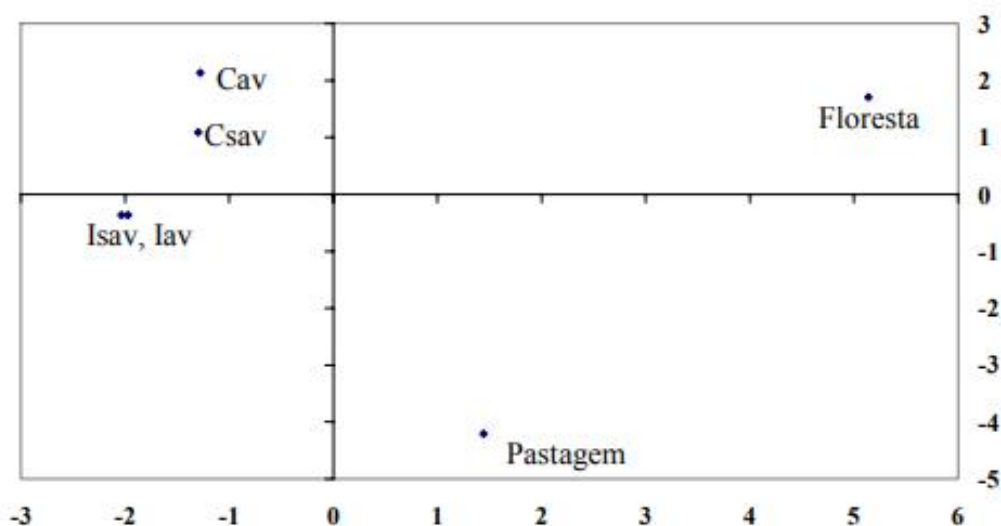


Figura 9. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante a primavera de 2002 em Santa Mônica.

Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde; Isav = icatu sem adubação verde.

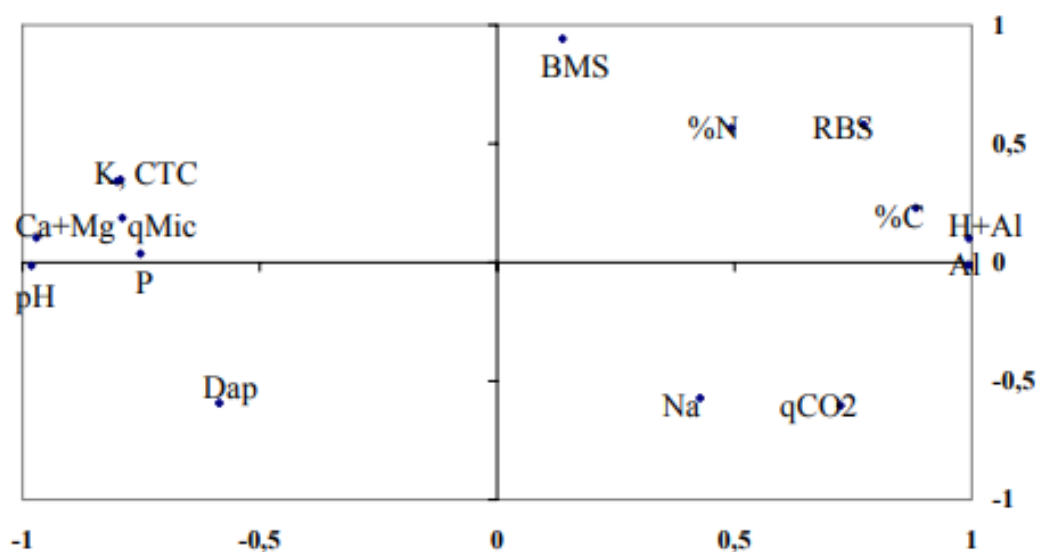
No verão (Tabela 17) o Y_1 , responsável por 60% da informação contida nas variáveis originais, apresentou maior influência de Al, H+Al, pH e Ca+Mg. Como na primavera, solo sob floresta apresentou maior influência dessas variáveis, enquanto pH e Ca+Mg foram correlacionados negativamente (Tabela 12). A Figura 10 mostra que os teores de Al, H+Al, situados mais a direita, estiveram correlacionados positivamente, o que mostra que essas variáveis seguiram a tendência observada no outono e na primavera, com um maior conteúdo desses elementos em solos de floresta, enquanto pH e Ca+Mg ficaram mais a esquerda, implicando em menor conteúdo nesses tratamentos (Tabela 14). O Y_2 , responsável por 20% da informação contida nas

variáveis originais, apresentou maior teor de BMS em solo sob floresta, Cav e Iav. Na Figura 10, é possível visualizar melhor a disposição inversa entre BMS e esses tratamentos, implicando em um menor conteúdo dessa variável nesses solos.

Tabela 16. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y₁ e Y₂) durante o verão e a porcentagem de explicação retida pelos componentes.

Verão	Y ₁	Y ₂
% carbono	0,8824	0,22835
% nitrogênio	0,49374	0,56529
Densidade aparente pH	-0,5852	-0,5927
Acidez potencial	-0,9817	-0,0135 -
Cálcio+magnésio	0,99319	0,0116
Fósforo	-0,971	0,1041
Potássio	-0,7513 -0,8011	0,03694
Sódio	0,42792 0,1383	0,34107
Biomassa microbiana do solo	0,77243	-0,5723
Respiração basal do solo	0,72396	0,94201
Quociente metabólico	-0,7898	0,57965
Quociente microbiano		-0,6029
		0,18646
% explicação	0,60187	0,1955
% explicação acumulada	0,60187	0,79736

Distribuição das variáveis em Santa Mônica - Verão



Distribuição dos tratamentos em Santa Mônica - Verão

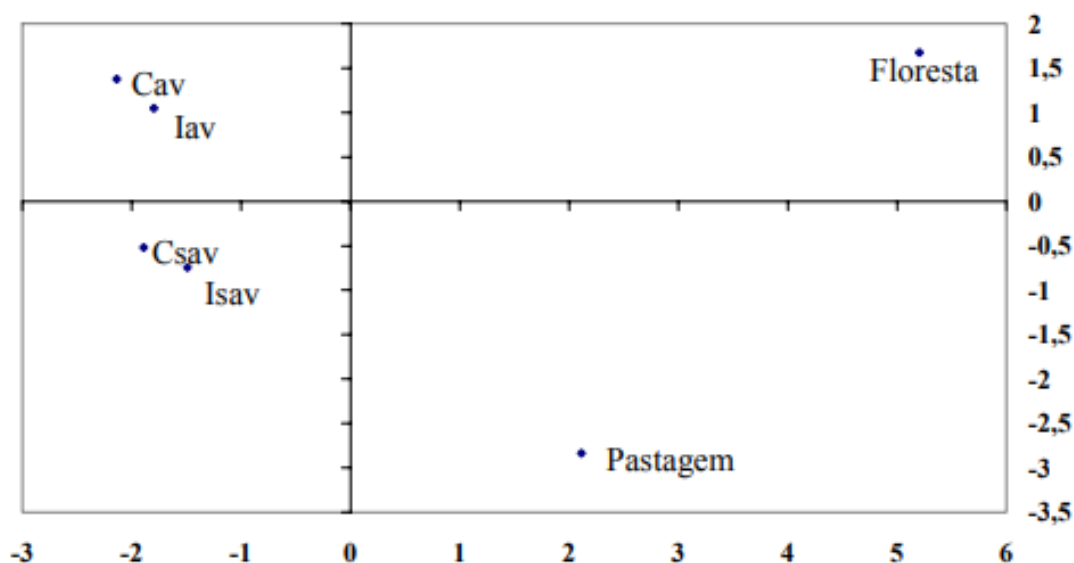


Figura 10. Distribuição dos indicadores químicos, físicos e microbiológicos e dos tratamentos durante o verão de 2002 em Santa Mônica.

Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde; Isav = icatu sem adubação verde.

Os resultados mostram que pH, Ca+Mg, K, CTC, qMic e silte estiveram correlacionados aos solos de cafezais, enquanto H+Al e Al ao solo sob floresta, principalmente, e pastagem durante o período monitorado (Tabela 14). A resposta em solo sob cafezal é coerente com o manejo adotado neste solo. A Tabela 18 permite observar que solos de cafezais apresentaram níveis de pH e teores de Ca+Mg, CTC, K e P maiores que os demais tratamentos, mesmo quando não havia diferença significativa como em P e K, os valores em solo sob cafezal mantiveram-se maiores,

ao passo que solo sob floresta e pastagem foram menores. Já a BMS e o qMic apresentaram pouca diferença entre os tratamentos, principalmente no inverno estação de baixa pluviosidade e temperatura (Tabela 19). Tendo o outono se destacado com os maiores valores. Quanto a RBS, solo sob floresta apresentou a maior atividade na média geral, não tendo ocorrido diferença entre os tratamentos durante o ano e a época. O qCO₂, no entanto, apresentou-se maior nas estações mais quentes (primavera e verão), tendo sido o verão a única estação a apresentar diferença entre tratamentos, quando solo sob pastagem obteve os maiores valores de qCO₂.

Pela Tabela 19 é possível perceber que a RBS não apresentou diferença entre as estações climáticas, já o qCO₂ foi maior nas estações mais quentes (primavera e verão) e cuja precipitação apresentou a maior amplitude, quando na primavera foi a maior (150 mm) e no verão (30 mm) a menor das estações envolvidas. A BMS e o qMic foram maiores durante o outono, estação com temperatura média mais baixa e precipitação em torno de 50 mm.

Tabela 17. Teste de média do nível de pH, cálcio + magnésio (cmol_c dm⁻³ de solo), fósforo (mg kg⁻¹ de solo), potássio (mg kg⁻¹ de solo), relação Ca:Mg, sódio (meq L⁻¹) e CTC (cmol_c dm⁻³ de solo) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 nos tratamentos Catuaí com adubação verde, Catuaí sem adubação verde; Icatu com adubação verde; Icatu sem adubação verde, pastagem e floresta, situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã, município de Valença (Continua).

pH	Outono ^{1,2}	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	5,55 a	5,37 a	5,55 a	5,27 a	5,44 a
Csav Iav	5,50 a	5,55 a	5,60 a	5,32 a	5,49 a
	5,52 a	5,72 a	5,52 a	5,50 a	5,57 a
Isav Pas	5,50 a	5,65 a	5,62 a	5,35 a	5,53 a
	4,70 b	4,40 b	4,73 b	4,73 b	4,64 b
Flo	4,30 b	4,07 b	4,10 c	4,23 c	4,17 c
Média	5,24 A	5,21 A	5,26 A	5,12 A	
Ca+Mg	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	4,32 a	3,97 ab	4,00 a	3,35 a	3,91 a
Csav	3,65 a	3,90 b	3,35 a	3,37 a	3,57 a
Iav	4,35 a	5,00 a	3,67 a	3,37 a	4,10 a
Isav	4,37 a	4,52 ab	3,82 a	3,67 a	4,10 a
Pas	0,67 b	0,50 c	0,50 b	1,30 b	0,74 b
Flo	0,83 b	0,63 c	0,83 b	0,70 b	0,75 b
Média	3,24 A	3,32 A	2,88 B	2,78 B	
P	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	43,00 a	20,00 b	38,75 a	9,00 a	27,69 a
Csav	15,25 a	27,50 ab	14,25 a	9,00 a	16,50 a
Iav	26,50 a	86,25 a	19,75 a	12,75 a	36,31 a
Isav	45,75 a	48,25 ab	53,50 a	17,50 a	41,25 a
Pas	4,00 a	2,67 b	3,00 a	4,00 a	3,42 a
Flo	4,67 a	4,67 b	4,00 a	3,00 a	4,08 a
Média	24,91 AB	34,09 A	23,91 AB	9,73 B	

Tabela 17. Continuação.

K	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	136,50 a	145,00 a	116,50 a	136,50 a	133,62 a
Csav	153,75 a	147,50 a	113,75 a	103,50 ab	129,62 a
Iav	122,50 ab	122,75 ab	118,75 a	89,75 ab	113,44 a
Isav	153,75 a	105,25 abc	96,00 ab	68,00 ab	105,75 a
Pas	39,00 b	28,67 c	19,33 b	50,33 ab	34,33 b
Flo	37,67 b	40,33 bc	46,00 ab	41,33 b	41,33 b
Média	113,45 A	104,05 AB	89,82 AB	84,82 B	
Na	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	0,042 a	0,042 a	0,050 a	0,045 a	0,045 a
Csav	0,037 a	0,052 a	0,042 a	0,050 a	0,045 a
Iav	0,042 a	0,047 a	0,040 a	0,045 a	0,043 a
Isav	0,042 a	0,050 a	0,040 a	0,065 a	0,049 a
Pas	0,036 a	0,040 a	0,040 a	0,060 a	0,044 a
Flo	0,040 a	0,050 a	0,053 a	0,056 a	0,050 a
Média	0,040 B	0,047 AB	0,044 AB	0,053 A	

1 Valores seguidos por letras minúsculas, na coluna, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos durante cada estação;

2 Valores seguidos por letras maiúsculas, na linha, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos ao longo das estações.

Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde; Isav = icatu sem adubação verde; Pas = pastagem e Flo = floresta secundária.

Tabela 18. Teste de média biomassa microbiana do solo (mg C kg solo^{-1}), respiração basal do solo ($\text{mg C-CO}_2 \text{ kg solo h}^{-1}$), quociente metabólico ($\text{mg C-CO}_2 \text{ g Cmic.h}^{-1}$) e quociente microbiano ($\text{mg Cmic } 100\text{mg Corg}^{-1}$) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 nos tratamentos Catuaí com adubação verde, Catuaí sem adubação verde; Icatu com adubação verde; Icatu sem adubação verde, pastagem e floresta, situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã, município de Valença (Continua).

BMS	Outono ^{1,2}	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	369,55 a	332,44 a	296,51 ab	145,92 a	286,10 a
Csav	396,60 a	241,15 abc	293,91 ab	116,94 a	262,15 a
Iav	386,69 a	307,11 a	265,22 ab	166,52 a	281,39 a
Isav	342,30 a	280,68 ab	269,57 ab	105,46 a	249,50 a
Pas	410,61 a	130,96 c	165,63 b	86,98 a	198,55 a
Flo	308,11 a	162,59 bc	335,47 a	168,27 a	243,61 a
Média	369,85 A	251,19 B	272,92 B	132,05 B	
RBS	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	1,82 a	1,76 a	2,25 a	1,58 a	1,85 ab
Csav	2,33 a	2,02 a	1,88 a	0,88 a	1,78 ab
Iav	1,77 a	1,58 a	0,96 a	1,43 a	1,44 b
Isav	1,52 a	2,20 a	0,76 a	1,19 a	1,42 b
Pas	1,99 a	1,27 a	0,76 a	1,34 a	1,34 b
Flo	2,44 a	2,37 a	2,32 a	2,44 a	2,39 a
Média	1,96 A	1,87 A	1,49 A	1,44 A	

Tabela 18. Continuação.

qCO ₂	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	5,61 a	5,16 a	7,30 a	9,52 b	6,89 a
Csav	6,16 a	7,89 a	6,49 a	7,82 b	7,09 a
Iav	4,70 a	7,93 a 8,31	4,11 a	8,75 b	6,37 a
Isav	4,63 a	a	4,28 a	12,84 b	7,52 a
Pas	4,85 a	12,97 a	4,96 a	29,03 a	12,95 a
Flo	8,32 a	15,76 a	6,98 a	18,77 ab	12,46 a
Média	5,63 B	9,24 AB	5,66 A	13,60 A	
qMic	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	2,70 ab	2,37 a	2,24 a	1,05 a	2,09 a
Csav	2,97 ab	1,73 ab	2,30 a	0,80 a	1,95 ab
Iav	2,57 ab	2,36 a	2,01 a	0,85 a	1,95 ab
Isav	2,95 ab	2,12 a	1,94 a	1,15 a	2,04 a
Pas	3,25 a	0,96 bc	1,24 a	0,58 a	1,51 ab
Flo	1,92 b	0,58 c	1,70 a	0,58 a	1,20 b
Média	2,74 A	1,77 B	1,94 B	0,86 C	

1

Valores seguidos por letras minúsculas, na coluna, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos durante cada estação;

2

Valores seguidos por letras maiúsculas, na linha, representam diferenças significativa a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos ao longo das estações.

Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde; Isav = icatu sem adubação verde; Pas = pastagem e Flo = floresta secundária.

Correlações com estas variáveis (bases trocáveis) também foram encontradas por FALLEIRO et al., (2003) em sistema de plantio direto e por THEODORO et al., (2003) em cafezal sob sistema orgânico. SOUZA & ALVES (2003) encontraram os menores teores de P, K, Ca, Mg, CTC e pH em pastagens, mesmo resultado obtido neste trabalho. A disposição das variáveis ao longo das 4 estações climáticas permite perceber que solos de cafezais situaram-se, do ponto de vista de fertilidade, acima dos dois sistemas utilizados como contrastes em consequência das práticas utilizadas (calagem, adubação e irrigação) que mantiveram o nível desses elementos altos. Solos de floresta e pastagem, por terem apresentado maior influência de H+Al e Al, mostram ser solos pouco ou mal manejados pelo homem, como é o caso da pastagem pobre em termos de fertilidade. Na Tabela 20 pode-se observar que solo sob floresta destacou-se pelos maiores teores de H+Al e Al, como também, pela menor Dap. A primavera foi a estação que obteve, ao mesmo tempo, os maiores valores de Al e H+Al, tendo sido marcada pela maior precipitação e temperaturas médias altas.

Tabela 19. Teste de média para o nível de alumínio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de solo) e acidez potencial ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de solo) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 nos tratamentos Catuaí com adubação verde, Catuaí sem adubação verde; Icatu com adubação verde; Icatu sem adubação verde, pastagem e floresta, situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã, município de Valença.

H+Al	Outono ^{1,2}	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	5,667 c	5,430 c	6,627 c	7,227 c	6,238 c
Csav	5,860 c	5,390 c	7,340 c	7,377 c	6,491 c
Iav	5,275 c	4,965 c	7,077 c	7,077 c	6,098 c
Isav	5,470 c	5,275 c	6,777 c	7,077 c	6,150 c
Pas	8,336 b	8,860 b	9,890 b	9,890 b	9,244 b
Flo	11,043 a	10,316 a	12,440 a	11,690 a	11,372 a
Média	6,692 B	6,444 B	8,103 A	8,171 A	

1 Valores seguidos por letras minúsculas, na coluna, representam diferenças significativas a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos durante cada estação;

2 Valores seguidos por letras maiúsculas, na linha, representam diferenças significativas a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos ao longo das estações. Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde; Isav = icatu sem adubação verde; Pas = pastagem e Flo = floresta secundária.

De acordo com o ANEXO 1, as variáveis pH, Ca+Mg, P, K, CTC areia e silte apresentaram correlações positivas entre si, indicando que seus teores estavam relacionados, ao contrário dos teores de H+Al e Al, que apresentaram relação inversa a essas mesmas variáveis. As variáveis BMS e qMic apresentaram entre si correlações positivas e negativa com a RBS e qCO₂. Os dados originais das variáveis analisadas para cada tratamento e a correlação entre variáveis, apresentados em ANEXO, auxiliam na melhor interpretação dos resultados. FRANS LUEBBERS et al., (2001) perceberam que solos mais secos apresentaram maior qCO₂, mesmo resultado no outono e inverno. Percebeu-se que RBS e o qCO₂ estiveram associados ao solo sob floresta.

A RBS e o qCO₂ alto em solo sob floresta evidenciam maior liberação de nutrientes para as plantas, e em longo prazo, perda de C para a atmosfera, apesar deste tipo de cobertura ser associado a baixos níveis de RBS e qCO₂, cujo aumento pode ser facilitado ou pelo maior conteúdo de C no solo, que implicou no aumento da mineralização, ou pelo pH baixo, pois ANDERSON & DOMSCH (1993) observaram que em solos mais ácidos há elevação do qCO₂. Segundo CATTELAN & VIDOR (1990), a influência de C no solo foi descrita como fonte para o aumento da RBS e para PAUL et al., (1999) a RBS correlaciona-se com reservas de C no solo, onde o fluxo de CO₂ é afetado por resíduos de culturas e temperatura. Solos de CAV e CSAV apresentaram correlação com qCO₂ e RBS somente na primavera, já IAV e ISAV não apresentaram correlação a essas variáveis. Em solo sob pastagem, o sistema radicular profuso e intenso pode ter aumentado a incorporação de matéria orgânica ao solo, aumentando sua BMS e o qMic durante o outono, mesmo resultado observado por SPARLING (1992) e GERALDES et al., (1997), como também, pelo efeito rizosférico (D'ANDREA et al., 2002; TSAI et al., 1992). De acordo com JÚNIOR & MELO (1999), solos cultivados tendem a apresentar menor qMic.

Flutuações temporais na BMS foram observadas (DÍAZ-RAVIÑA et al., 1995) e normalmente associados com atributos climáticos. Entretanto, a BMS parece demonstrar comportamento irregular em relação à variabilidade climática estacional, devido à

complexidade das interações entre umidade, temperatura, crescimento vegetal e aporte de matéria orgânica no solo, como também, a taxa de mudança destes fatores (WARDLE & PARKINSON, 1990; WARDLE, 1992). O mesmo pode ser descrito para a RBS e qCO_2 , cuja desuniformidade de resposta em solos de cafezais pode ter origem no manejo adotado.

É certo que a ação conjunta de inúmeros fatores contribuiu para essa irregularidade (adubação, calagem, irrigação, temperatura, pluviosidade, evaporação entre outros) e que dificultam o melhor entendimento das interações existentes entre múltiplos fatores.

A segunda componente principal (Y_2), pelo resultado final, mostra que solo sob floresta apresentou maior influência de %N e BMS. No caso do %N este resultado é justificável pelo maior aporte de matéria orgânica depositada pelos restos vegetais advindos da vegetação existente na floresta. Na Tabela 21 pode-se observar que solo sob floresta se destacou pelos maiores teores de %C e %N.

Tabela 20. Teste de média do %N, %C e densidade aparente do solo ($g\ cm^{-3}$) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 nos tratamentos Catuaí com adubação verde, Catuaí sem adubação verde; Icatu com adubação verde; Icatu sem adubação verde, pastagem e floresta, situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã, município de Valença (Continua).

%N	Outono ^{1,2}	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	0,170 a	0,170 a	0,153 b	0,133 bc	0,156 b
Csav	0,164 a	0,162 ab	0,145 b	0,134 bc	0,151 b
Iav	0,167 a	0,170 a	0,149 b	0,130 bc	0,154 b
Isav	0,162 a	0,167 a	0,152 b	0,154 ab	0,159 b
Pas	0,125 b	0,129 b	0,123 b	0,115 c	0,123 c
Flo	0,195 a	0,194 a	0,195 a	0,176 a	0,190 a
Média	0,164 AB	0,166 A	0,152 BC	0,140 C	
%C	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	1,39 ab	1,43 b	1,34 b	1,39 b	1,39 b
Csav	1,34 ab	1,42 b	1,29 b	1,42 ab	1,37 b
Iav	1,31 ab	1,23 b	1,29 b	1,26 b	1,27 b
Isav	1,31 ab	1,33 b	1,36 b	1,28 b	1,32 b
Pas	1,26 b	1,37 b	1,29 b	1,45 ab	1,35 b
Flo	1,63 a	1,83 a	1,97 a	1,74 a	1,79 a
Média	1,37 A	1,42 A	1,41 A	1,41 A	
DAP	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	64,12 a	73,49 a	73,26 a	73,21 a	71,02 a
Csav	64,72 a	71,23 a	71,84 a	79,71 a	71,88 a
Iav	63,80 a	70,79 ab	74,87 a	70,92 ab	70,10 a
Isav	61,00 ab	70,58 ab	73,97 a	70,27 ab	68,96 a
Pas	61,33 ab	71,27 a	78,87 a	76,13 a	71,90 a
Flo	51,77 b	61,26 b	60,87 b	63,24 b	59,28 b
Média	61,54 B	70,09 A	72,50 A	72,48 A	

¹ Valores seguidos por letras minúsculas, na coluna, representam diferenças significativas a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos durante cada estação;

² Valores seguidos por letras maiúsculas, na linha, representam diferenças significativas a 5% pelo teste de Bonferroni entre os tratamentos ao longo das estações.

Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde; Isav = icatu sem adubação verde; Pas = pastagem e Flo = floresta secundária.

6. CONCLUSÕES

Ensaio Avelar

1. As variáveis com maior poder discriminatório são rel Ca:Mg, BMS, pH, Ca+Mg, K, Na e qMic;
2. O solo sob floresta está associado aos teores de H+Al, %N e %C e o solo sob CCC aos teores de pH, Ca+Mg, rel. Ca:Mg, P, K, Na, %N e %C;
3. A fertilidade de solos C1, C2, C3 e Cps situaram-se em uma faixa intermediária entre solos CCC e floresta;
4. BMS e qMic apresentam forte correlação ao solo de CCC, quimicamente mais fértil;
5. BMS e qMic apresentaram maiores valores durante a primavera, estação do ano de maior precipitação e RBS e qCO₂ durante o verão, estação de maior temperatura.

Ensaio Santa Mônica

1. As variáveis químicas e físicas com maior poder discriminatório são: pH, H+Al, Ca+Mg e K e microbianas: qCO₂, qMic e BMS;
2. As variáveis H+Al e %N estão correlacionadas aos solos de floresta; H+Al ao solo sob pastagem, enquanto as variáveis pH, Ca+Mg, P e K estão correlacionados aos solos de cafezais;
3. A fertilidade de solos cultivados com cafeeiros situa-se em uma faixa superior aos solos de pastagem e de floresta;
4. A RBS e o qCO₂ estão correlacionadas ao solo sob floresta no outono e na primavera e a BMS e o qMic apresentam maior influência no tratamento cultivar CAV;
5. As variáveis microbianas apresentam sazonalidade em seus níveis em função da estação climática.

CAPÍTULO II

ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS E DA MACROFAUNA EDÁFICA EM SOLO SOB CAFEZAL ORGÂNICO, HORTALIÇAS, PASTAGEM E FLORESTA.

1. INTRODUÇÃO

A fauna invertebrada do solo tem papel importante em sistemas orgânicos, através dos seus efeitos na decomposição primária da matéria orgânica e no condicionamento físico do solo. Esses invertebrados podem ser classificados com base no comprimento em microfauna (ácaros, nematóides e protozoários), mesofauna (colêmbolos) e macrofauna (insecta, molusco, aracnídeos e outros) (Swift et al. 1979), como também, com base no papel que desempenham, natureza da estrutura que criam no solo e o principal tipo de relação que desenvolvem com os microrganismos:

engenheiros do ecossistema, decompositores e micropredadores, LAVELLE, (1994).

A macrofauna edáfica desempenha relações mutualísticas com a microflora para digerir a matéria orgânica do solo (cupins e minhocas), onde cada um, separadamente, possui sua função ecológica. A microflora, representada por bactérias, fungos e actinomicetos também possui papel chave dentro dos agroecossistemas, desempenhando os processos de mineralização da matéria orgânica.

A população da macrofauna edáfica pode ser influenciada pelo tipo de cobertura do solo. Estudos têm objetivado compreender mais e melhor as associações existentes entre a microflora e a macrofauna (BINET et al., 1998; LOQUET et al., 1977). O tipo de manejo adotado atua na seleção de grupos ou ordens que ocorrem na área. O aumento da influência energética em associação a novos habitats favorece à colonização, influenciando a densidade e a diversidade de praticamente todos os grupos dessa fauna (TIAN et al., 1999). Os microrganismos e a macrofauna edáfica são capazes de modificar propriedades físicas e químicas do solo (PANKHURST & LYNCH, 1994) e assumem papel fundamental nos processos do solo sob manejo orgânico. Segundo LAVELLE et al., (1993), esse aspecto tem sido considerado como um dos processos chave para a manutenção da estrutura e fertilidade dos solos tropicais.

A macrofauna edáfica é composta pelos maiores invertebrados que vivem no solo, apresentando o comprimento do corpo maior que 10 mm (SWIFT et al., 1979). *Myrmica scabrinodis* e *Lasius niger* têm sido descritas como formigas que aumentam o número de bactérias e fungos, enquanto *L. flavus* promove o desenvolvimento de actinomicetos (CZERWINSKI et al., 1971; JAKUBCZYK et al., 1972). O baixo pH e teor de umidade sugerem que o efeito das formigas na estrutura funcional da microflora é atribuído às modificações de complexos aspectos ecológicos (DAUBER & WOLTERS, 2000). A estrutura da comunidade da macrofauna edáfica pode atuar como um indicador das mudanças do ambiente-solo (LAVELLE, 1997). Respostas de microrganismos a mudanças de umidade e temperatura têm sido observadas em estudos (GESTEL et al., 1993) e neste sentido pode-se inferir que também afeta a macrofauna edáfica.

Estudar a composição e a associação grupos de fauna com a microflora talvez seja uma abordagem que venha a contribuir para a compreensão das melhores práticas de manejo a serem adotadas visando a qualidade do solo. Durante um ano agrícola e em cada estação climática, solos submetidos a sistemas distintos de cobertura: cafezal sob sistema orgânico, cultura de ciclo curto e floresta, foram monitorados com o objetivo de avaliar os grupos da macrofauna edáfica e atributos microbiológicos, utilizando neste último caso a biomassa microbiana do solo; respiração basal do solo; quociente metabólico e quociente microbiano.

2. RESUMO

Em duas localidades diferentes: Avelar em Paty do Alferes/RJ e Santa Mônica em Valença/RJ foram avaliadas as relações entre os atributos químicos, físicos e biológicos por um ano agrícola em cada estação climática. Amostras de solo na profundidade de 0-10 cm foram coletadas nos meses de março (verão), junho (outono), setembro (inverno) e dezembro (primavera) de 2002 para Avelar, e nos meses de maio (outono), agosto (inverno), novembro (primavera) de 2002 e fevereiro (verão) de 2003 para Santa Mônica. Foram amostrados, em Avelar, solos com cafezal sob sistema orgânico submetidos a três espaçamentos com e um sem adubação verde (Guandu – *Cajanus cajan*), cultura de ciclo curto (pimentão e feijão vagem) e floresta secundária, e em Santa Mônica foram avaliadas duas cultivares de café (catuaí vermelho e icatu amarelo) com e sem adubação verde (Crotalaria - *Crotalaria juncea*), pasto e floresta secundária. Todas as áreas eram circunvizinhas aos cafezais amostrados. Em Avelar o verão foi a estação mais favorável a macrofauna, quando foram obtidos os melhores índices de densidade e riqueza. Oligochaeta esteve associada aos solos de cafezais intercalados com guandu, cafezal em pleno sol apresentou forte correlação com Formicidae e a floresta foi marcada pela presença de macrofauna saprófaga. Solos de cafezal em pleno sol e cultura de ciclo curto apresentaram a menor diversidade e o solo da cultura de ciclo curto apresentou maior associação à BMS e qMic. Em Santa Mônica a densidade foi maior em solo sob floresta e na variedade de café icatu com adubação verde, sendo que a floresta ainda apresentou maior riqueza e o solo da pastagem apresentou menor densidade e riqueza. Orthoptera e Blattodea associaram-se aos tratamentos que receberam adubo verde e Oligochaeta e Chilopoda ao solo sob floresta. As correspondências observadas, apesar da variação, mostram que a presença da matéria orgânica aumenta a população e a ocorrência de espécies saprófagas e predadores.

Termos para indexação: bioindicadores e sistema orgânico.

3. ABSTRACT

Chapter II. Soil microbial and macrofaunal attributes under organic coffee, vegetables, pasture and forest

The relationships among chemical, physical and biological soil attributes were evaluated in two locations, Avelar, Paty do Alferes/RJ and Santa Mônica, Valença/RJ, for one year. Soil samples (0-10 cm) were taken during March (summer), June (autumn), September (winter) and December (spring) 2002 in Avelar, and May (autumn), August (winter), November (spring) 2002 and February (summer) 2003 in Santa Mônica. The following soil covers were studied in Avelar: coffee intercropped with pigeon pea (*Cajanus cajan*) in three different row spaces and one treatment without the legume; short-cycle crops (bell pepper and snap beans) and forest. In Santa Mônica the treatments were two cultivars of coffee (Red Catuaí and Yellow Icatu) with and without green manure (*Crotalaria spectabilis*), pasture and forest. In Avelar summer was the most favorable season to soil macrofauna, when the best indexes of density and richness were obtained. Oligochaeta was correlated with coffee intercropped with pigeon pea. Soils under coffee without pigeon pea presented high correlation with Formicidae and soil from forest showed high amounts of saprophagous species. Soil under coffee without pigeon pea and short-cycle crops presented low richness. Soil from short-cycle crops presented higher association between microbial biomass and microbial quotient. In Santa Mônica the density was larger in soil under forest and under intercropped Icatu coffee; forest presented highest richness and soil pasture presented smallest density and richness. Orthoptera and Blattodea were associated to the treatments of green manure and Oligochaeta and Chilopoda to the soil forest. The observed correspondences, in spite of the variability, showed that the presence of organic matter increases population and occurrence of saprophagous and predator species.

Index terms: bioindexes, organic management.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio 1 – Avelar

Caracterização das áreas e época de amostragem:

O experimento, iniciado em 1999 em 0,5 ha, foi realizado na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro PESAGRO, situada em Avelar, distrito de Paty do Alferes, RJ, localizado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, em um Latossolo vermelho-amarelo. O estudo foi conduzido em uma área experimental com café cultivar catuaí amarelo sob manejo orgânico.

O solo apresentou 54,5; 37,8 e 9,1% de areia, argila e silte, respectivamente, e as seguintes características químicas: pH = 4,8 (em água); Al = 0,6 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,4 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,8 cmol_c dm⁻³; P = 2,0 mg dm⁻³; K = 36 mg dm⁻³. O solo recebia periodicamente pulverizações com agrobio e calda de viçosa, além da aplicação de adubação com esterco de ave (1,5kg por planta) e farinha de osso (200g). O solo foi arado, gradeado e corrigido com 80 g de calcário dolomítico por cova. A adubação de plantio feita na cova foi constituída por: 160 g de termofosfato, 340 g de cinza de lenha e 10 litros de esterco de curral.

O solo sob CCC, sob manejo convencional, apresentou 51,7, 35,5 e 12,7% de areia, argila e silte respectivamente. Esta área recebia irrigação diariamente, como também aplicação de Metamidofós, cobre, Calda sulfocálcica, Deltametrina, Agrobio e Mancozeb. O solo sob floresta secundária apresentou 57,6; 32,9 e 9,5% de areia, argila e silte, respectivamente.

Ensaio 2 – Santa Mônica

Caracterização das áreas e época de amostragem:

O trabalho foi realizado na Fazenda Santa Mônica, pertencente à Embrapa Gado de Leite, situada em Juparanã, distrito de Valença, RJ, em experimento iniciado em 2001, em um Latossolo vermelho-amarelo cultivado anteriormente com capim Napier. A área consiste de cerca de 1,5 ha de área e foi arada, gradeada e corrigida com calcário dolomítico, aplicando-se 500 kg de calcário ha⁻¹. O solo era franco-argilo-arenoso e apresentava 55,8; 29,3 e 15,4% de areia, argila e silte, respectivamente, e as seguintes características químicas: pH 5,3 (em água); Al = 0,1 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,8 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,7 cmol_c dm⁻³; P = 2,0 mg dm⁻³; K = 128 mg dm⁻³; %C = 1,35%; porcentagem de saturação de bases (V%) = 56,5%.

A adubação de plantio foi constituída por 2,5 kg de esterco de gado e 300 g da mistura de termofosfato + cinza de madeira (1:1) nas covas. Após 40 dias, foi feita adubação de cobertura com 250 g de esterco de cama de aviário por planta. Como complementação nutricional e controle preventivo de pragas e doenças do cafeeiro foram realizados pulverizações com o biofertilizante Agrobio na concentração de 4%. A adubação anual foi parcelada em duas aplicações de 250 g de esterco de cama de aviário e 100 g de termofosfato por planta em cobertura.

O experimento foi constituído por seis tratamentos, sendo seis cultivares de café (*Coffea arabica*) associado ou não ao cultivo de *Crotalaria juncea* nas entrelinhas, como adubo verde. Os cultivares de café foram plantados nas parcelas (27 m x 10 m) e o adubo verde, nas subparcelas (13,5 m x 10m), dispostas no delineamento em blocos

casualizados com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas de cafeeiros plantados no espaçamento 2,5 m x 0,7 m. Os cultivares utilizados foram: catuaí vermelho 144 (não resistente à ferrugem); tupi IAC 1669/33; oeiras; icatu amarelo; catuaí amarelo e obatã, resistentes à ferrugem. No entanto, para fins de análise foram eleitas duas cultivares para monitoramento: catuaí vermelho com e sem adubação verde (CAV e CSAV) e icatu com e sem adubação verde (IAV e ISAV). O adubo verde foi plantado em novembro de 2001, semeando-se três linhas de *C. juncea* a uma distância de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m a partir da linha do café, respectivamente, 76 dias pós-plantio a crotalária foi podada a meia altura e em 30/04/02 (173 dias após o plantio) foi cortada definitivamente. Adjacentes ao cafezal também foram avaliadas outras duas áreas contrastantes: floresta e pastagem. O solo sob pastagem, coberto principalmente por *Brachiaria* sp., era franco-argilo-arenoso e apresentava 54,1, 32,8 e 13,6% de areia, argila e silte respectivamente. Em solo sob floresta secundária, com cerca de 120 anos, onde segundo SPOLIDORO (2001) se encontram 31 famílias florestais, entre elas: *Anacardiaceae*, *Annonaceae*, *Araliaceae*, *Bignoniaceae*, *Boraginaceae*, *Compositae*, *Euphorbiaceae*, *Lauraceae*, *Leguminosae*, *Meliaceae* e outras, seu solo era francoargilo-arenoso e continha 54,6; 34,3 e 11,6% de areia, argila e silte, respectivamente.

Avaliação dos indicadores monitorados:

As amostras de solo foram coletadas durante os meses de março, junho, setembro e dezembro de 2002 entre os pés e abaixo da saia dos cafeeiros, sendo uma amostra composta contendo seis subamostras na profundidade de 0-10 cm para determinação da BMS, RBS, qCO₂ e qMic e duas amostras de solo para macrofauna.

A avaliação do carbono microbiano pelo método da fumigação-extração obedeceu ao procedimento proposto por VANCE et al., (1987); TATE et al., (1988) e modificado por DE-POLLI & GUERRA (1999). Para cada amostra foram retiradas seis subamostras (três destas para fumigação) de 20 g de solo (base úmida), que receberam 50 mL de K₂SO₄ 0,5 mol.L⁻¹ solução extratora; agitadas por 30 minutos; descansadas por mais 30 minutos; filtradas e retirada uma alíquota de oito mL do extrato e adicionados: dois mL de K₂Cr₂O₇ 0,066 mol.L⁻¹, 1 mL de H₃PO₄ e 10 mL de H₂SO₄ PA. Após resfriamento, adicionou-se água e titulou-se com sulfato ferroso amoniacal 0,038N. As amostras fumigadas, antes deste procedimento, receberam um mL de CHCl₃ (clorofórmio) livre de álcool, diretamente sobre o solo de cada frasco, sendo então incubadas por 24 horas e destampadas para evaporação do clorofórmio por 30 minutos.

A avaliação da respiração microbiana seguiu o procedimento descrito por JENKINSON & POWLSON (1976). Para cada amostra foram retiradas três subamostras de 20 g de solo (base úmida), que foram incubadas por cinco dias em vasilhas de três litros, juntamente com frascos contendo 10 mL NaOH 1M, para captação do C-CO₂ respirado. Após esse período, aos recipientes contendo NaOH, foram adicionados dois mL de BaCl₂ 10%, para precipitação do carbonato formado, sendo seu excesso titulado com HCl 0,5N. A determinação do quociente metabólico seguiu o procedimento descrito por ANDERSON & DOMSCH (1986, 1990), obtido pela razão entre o C respirado por unidade de C microbiano em um intervalo de tempo.

A amostragem da macrofauna edáfica foi realizada utilizando-se o método de monolitos com superfície de 25 x 25 cm recomendado pelo Programa “Tropical Soil Biology and Fertility” (TSBF) descrito por ANDERSON & INGRAM (1993). De cada tratamento avaliado foram retirados dois monolitos até 10 cm de profundidade. Os indivíduos da macrofauna com comprimento do corpo maior que 10 mm foram retirados manualmente, e armazenados em frascos contendo álcool 70%, com a finalidade de

preservá-los para posterior identificação ao nível de grandes grupos taxonômicos e contagem sob microscópio estereoscópico. Para este estudo foi utilizado o termo *grupo*, significando tanto uma família, quanto uma classe ou ordem, visando englobar um conjunto de indivíduos com forma de vida semelhante. As comunidades foram caracterizadas a partir dos parâmetros descritos a seguir: a) densidade, número de indivíduos por metro quadrado e b) riqueza, número de grupos por monólito. Os dados climáticos das regiões de estudo referentes ao ano de 2002 para Avelar encontram-se na Figura 1.

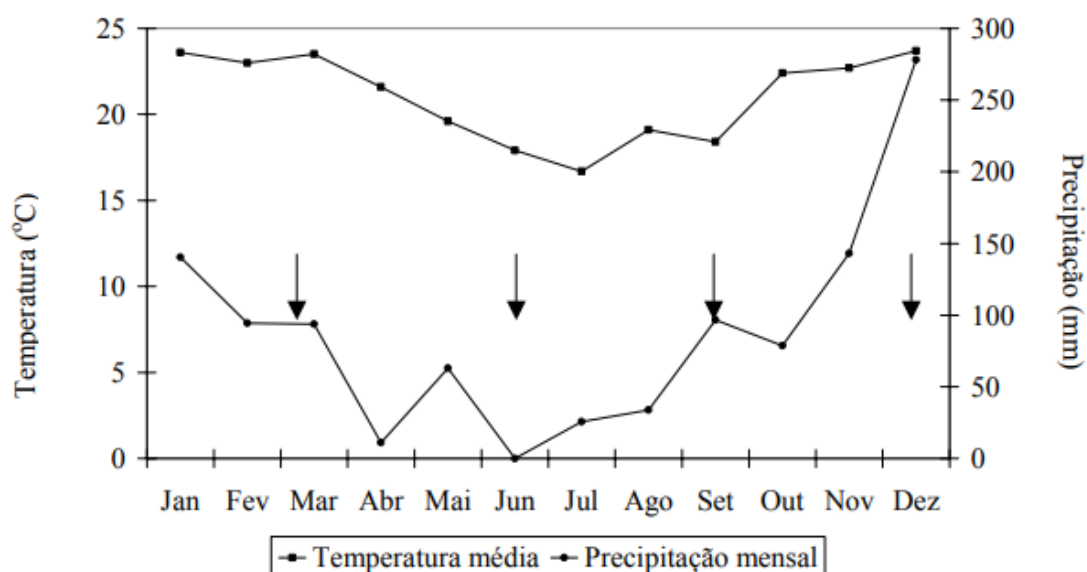


Figura 1. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referente ao ano de 2002 em Avelar, RJ. As setas indicam as épocas das amostragens.

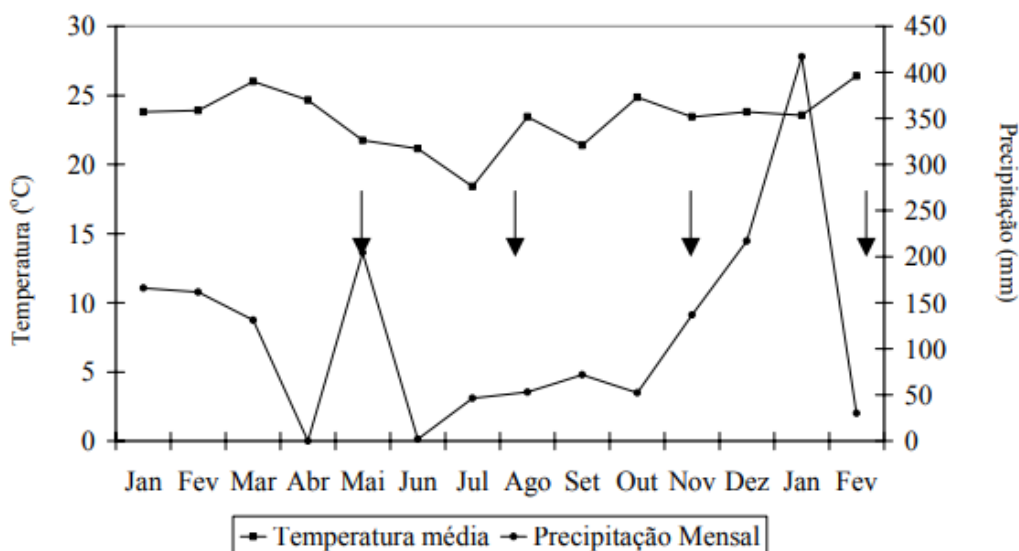


Figura 2. Temperatura média (°C) e precipitação pluviométrica (mm) referentes ao período de janeiro de 2002 a fevereiro de 2003 na fazenda Santa Mônica em Barão de Juparanã, RJ. As setas indicam as épocas das amostragens.

Análise estatística

O experimento consistia de quatro tratamentos dispostos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições com café catuaí. Os tratamentos utilizados foram diferentes espaçamentos intercalados, nas entrelinhas, por linhas de guandu, plantado em setembro de 2000, como adubo verde: 2,0m x 1,0m (1 linha de guandu=C1), 2,8m x 1,0m (2 linhas de guandu=C2) e 3,6m x 1,0m (3 linhas de guandu=C3), e cultivo em pleno sol (Cps) com espaçamento de 2,8m x 1,0m como testemunha. Adjacentes ao cafezal também foram avaliadas outras duas áreas contrastantes: floresta secundária e cultura de ciclo curto (pimentão e feijão vagem).

- **Análise de Variância**

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo programa SISVAR. A comparação entre médias foi realizada pelo teste de Scott-Knott com um nível de significância de 5%. As interações significativas foram desdobradas de acordo com os fatores envolvidos para épocas em função de tratamentos.

- **Análise de Correspondência**

O programa CANOCO versão 4.5 foi utilizado para realizar a análise de correspondência das variáveis (microbianas e macrofauna). As respostas devem ser visualizadas pela formação dos grupos de variáveis em torno dos tratamentos utilizados. Quanto mais próximo ao centro (origem) da Figura, mais bem distribuída entre os tratamentos é a variável. A análise para ser aceita necessita que até o terceiro eixo haja explicação de pelo menos 70% da função.

No experimento foram estudadas quatro variáveis microbiológicas: biomassa microbiana do solo (BMS) em mgC kg solo⁻¹, respiração basal do solo (RBS) em mgCCO₂ kg solo h⁻¹, quociente metabólico (qCO₂) em mg C-CO₂ g Cmic.h⁻¹ e quociente microbiano (qMic) em mg Cmic 100mg Corg⁻¹, bem como a densidade de todo os grupos taxonômicos da macrofauna edáfica que ocorreram nas épocas monitoradas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio 1 - Avelar

Pela análise de correspondência um observa-se que até o segundo eixo foram explicados 74, 82, 87 e 88% da análise, respectivamente no outono, inverno, primavera e verão (Tabela 1).

Tabela 1. Explicação obtida pelos eixos de correlação para as variáveis analisadas.

	Verão		Outono		Inverno		Primavera	
Eixo	1	2	1	2	1	2	1	2
% explicação	46,3	31,3	42,8	30,2	51,0	27,7	49,6	33,6
% explicação total	46,3	77,6	42,8	73,0	51,0	78,7	49,6	83,2

Dentre as estações do ano, o verão foi a que possibilitou maiores valores de densidade média e riqueza média da macrofauna, tendo sido marcado pelas maiores temperaturas, enquanto outono, inverno e primavera foram estatisticamente iguais (Tabelas 2 e 3). Apesar da primavera ter registrado a maior precipitação, os resultados sugerem que a temperatura e o tipo de cobertura do solo tenham influenciado mais que a precipitação.

Tabela 2: Densidade da macrofauna do solo (ind m⁻²) sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 na estação experimental de Avelar no município de Paty do Alferes/RJ.

Densidade ¹	Verão ^{2,3}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	1180 a	286 a	370 a	354 a	548 a
C2	3462 a	706 a	562 a	436 a	1292 a
C3	668 b	444 a	940 a	882 a	734 a
Cps	594 b	790 a	454 a	524 a	591 a
CCC	124 b	166 a	60 b	60 b	101 b
Floresta	685 b	56 a	38 b	46 b	174 b
Média	1184 A	408 B	404 B	384 B	

¹

Para análise estatística os valores foram transformados para raiz quadrada de x.

²

Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na coluna representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-1189Knott entre os tratamentos durante a mesma estação. ³

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre as estações.

Onde: C1 = Cafezal 1 linha guandu; C2 = Cafezal 2 linhas guandu; C3 = Cafezal 3 linhas guandu; Cps = Cafezal em pleno sol e CCC = Cultura ciclo curto.

Tabela 3: Riqueza média da macrofauna do solo sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 situados no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.

Riqueza	Verão ^{1,2}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	7 a	3 b	4 a	3 a	4 b
C2	6 b	3 b	3 b	3 a	3 c
C3	8 a	5 a	4 a	4 a	5 a
Cps	5 b	2 b	3 b	3 a	3 c
CCC	4 b	1 c	1 c	0,5 b	1 d
Floresta	8 a	3 b	1 c	1 b	3 c
Média	6 A	3 B	3 B	2 B	

1 Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na coluna representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante a mesma estação.

2 Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre as estações.

Onde: C1 = Cafezal 1 linha guandu; C2 = Cafezal 2 linhas guandu; C3 = Cafezal 3 linhas guandu; Cps = Cafezal em pleno sol e CCC = Cultura ciclo curto.

Densidade média da macrofauna edáfica

Solos C2 e C3 apresentaram a maior densidade média da macrofauna edáfica ao longo do ano. Solos C1 e Cps apresentaram uma densidade menor e solos CCC e floresta apresentou a menor densidade entre os tratamentos, que foi baixa durante todo o período monitorado. Dentre as estações climáticas, o verão obteve a maior densidade, com destaque para solos C1, C2 e C3 (Tabela 2). O que se deve, principalmente, a presença de Formicidae e Isoptera (Tabela 4). Estudos realizados por BARROS et al. (2002) indicaram baixos valores de densidade em solo florestal e grande quantidade de cupins em solo sob cultivo convencional. Neste experimento, a densidade populacional em solo CCC foi bastante afetada, tendo sido baixa em três coletas (Tabela 4), ou seja, o manejo influenciou no resultado final.

As minhocas apresentaram baixa densidade em solo CCC, principalmente, no outono, inverno e primavera (Tabela 4), o que deve ter sido causado pelas práticas culturais e o manejo de solo envolvido. De acordo com NUUTIEN (1992), a população de minhocas sofre danos quando a atividade agrícola convencional é intensa, pela exposição dos organismos às condições adversas que retardam o crescimento, diminuindo a reprodução, provocando fuga e morte. Para TANCK et al., (2000), o nível populacional baixo deve-se ao uso de implementos agrícolas, revolvimento do solo, exposição aos inimigos naturais e ausência de cobertura vegetal. A falta de cobertura vegetal evidencia negativamente o equilíbrio da temperatura e umidade do solo (HAUSER, 1993).

Riqueza média da macrofauna edáfica

Solo C3 apresentou a maior riqueza média da macrofauna edáfica, seguido, na ordem, por: C1, C2, Cps, floresta e CCC. Como em densidade, os valores médios da riqueza foram maiores durante o verão. BARNES & ELLIS (1979) observaram que a população da macrofauna aumenta em condições mais favoráveis como o plantio direto,

enquanto, em condições menos favoráveis, em áreas de sistema convencional, diminui drasticamente. Durante o verão foi obtida a maior temperatura média, juntamente com a primavera, por outro lado, a precipitação foi menor no verão, o que deve ter sido favorável à macrofauna, pois a maior precipitação pode afetar mais intensamente a atividade destes indivíduos, quer seja pelo impacto da chuva, quer seja pelo entupimento e destruição de canais e redução da dispersão pelo vôo (Tabela 3).

Atributos microbianos

Pela média geral, a primavera foi a estação do ano mais favorável ao desenvolvimento da BMS e do qMic (Tabelas 6 e 7). Solo CCC foi o tratamento com maior BMS ao longo do ano e em relação ao qMic, todos os tratamentos foram estatisticamente iguais, tendo o solo CCC se sobressaído, em termos absolutos, com o maior qMic. A primavera, como mostra a Figura 1, foi, junto com o verão, a estação do ano com maior temperatura e precipitação. JOERGENSEN et al., (1990) relataram que a BMS reduziu o seu conteúdo com a diminuição da temperatura. É provável que a umidade proporcionada pela precipitação tenha favorecido o aumento da BMS. ANDERSON (1981), observou que a biomassa é dependente da umidade adequada do solo

Tabela 4. Densidade total da macrofauna edáfica (nº ind.m⁻²) obtida nos tratamentos durante as estações do ano (Continua).

	Época	Ara	Bla	Chi	Col	Derm	Diplo	Dip	Enc	For	Gas	Het	Hom	Isod	Isop	Lep	Oli	Otr	Sym
C1	V	6	14	4	32	2	4	0	0	336	10	4	6	36	640	2	48	0	36
C2		2	2	2	36	0	2	0	0	3050	6	2	0	26	516	6	58	4	18
C3		14	12	4	40	2	50	2	0	286	10	20	0 0	38	42	0	76	0	72
Cps		8	4	2	12	0	18	2	2	466	6	0	56	4	48	0	10	6	6
CCC		0	0	0	16	0	0	0	0	24	0	0	0	8	40	8	16	0	16
Flo		28	8	48	36	8	8	12	0	120	0	0		0	648	16	72	16	24
		Ara	Bla	Chi	Col	Derm	Diplo	Dip	-	For	Gas	Het	-	Isod	Isop	Lep	Oli	-	Sym
C1	O	4	2	2	8	4	0	2	-	256	2	0	-	4	0	0	0	-	2
C2		4	6	2	6	0	2	2	-	508	2	10	-	6	158	0	4	-	0
C3		4	8	0	22	0	20	2	-	250	10	8	- -	54	56	2	4	-	4
Cps		4	0	4	10	0	14	2	-	756	0	0	- -	0	0	0	0	-	2
CCC		0	0	0	0	0	0	0	-	219	3	0		0	0	0	0	-	0
Flo		24	5,33	8	16	0	0	0	-	13	4	0		0	0	0	0	-	0
		Ara	Bla	Chi	Col	-	Diplo	Dip	Diplu	For	Gas	Het	-	Isod	Isop	Lep	Oli	Otr	Sym
C1	I	2	6	0	26	-	2	2	2	110	2	0	-	24	110	2	82	0	0
C2		0	0	0	24	-	0	0	0	480	10	0	- - - -	26	10	0	12	0	0
C3		0	4	2	22	-	6	0	2	222	2	0	-	26	626	0	26	0	2
Cps		0	4	0	16	-	8	0	0	384	0	4		2	28	0	6	2	0
CCC		0	0	0	0	-	2	0	0	58	0	0		0	0	0	0	0	0
Flo		0	0	6	0	-	6	2	0	24	0	0		0	0	0	0	0	0

Tabela 4. Continuação.

	Ara	Bla	Chi	Col	-	Diplo	Dip	-	For	Gas	Het	-	Isod	Isop	-	Oli	Otr	-
C1	2	4	6	28	-	0	2	-	108	2	0	-	20	108	-	76	0	-
C2	0	0	0	36	-	0	0	-	526	10	0	-	26	8	-	6	0	-
C3	0	0	2	24	-	2	2	-	164	4	0	-	26	632	-	26	0	-
Cps	0	2	0	18	-	4	0	-	454	0	6	-	2	30	-	6	2	-
CCC	0	0	0	0	-	2	0	-	58	0	0	-	0	0	-	0	0	-
Flo	0	0	2	6	-	24	6	-	2	0	0	-	0	0	-	0	0	-

Onde: C1 = Cafezal 1 linha guandu; C2 = Cafezal 2 linhas guandu; C3 = Cafezal 3 linhas guandu; Cps = Cafezal em pleno sol e CCC = Cultura ciclo curto, Flo = floresta.

V = verão, O = outono, I = inverno, P = primavera.

Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Derm = Dermaptera; Diplo = Diplopoda; Diplu = Diplura; Enc = Enchytraidae; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Lep = Lepidoptera; Oli = Oligochaeta; Ort = Orthoptera e Sym = Symphyla

Tabela 5. Biomassa microbiana do solo (mg C kg solo⁻¹) sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.

	Verão ^{1,2}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	82,68 a	171,24 a	134,33 b	118,59 b	126,71 b
C2	114,33 a	121,14 b	110,78 b	182,16 a	132,10 b
C3	115,80 a	101,91 b	132,86 b	149,26 b	124,96 b
Cps	87,56 a	110,06 b	125,31 b	121,43 b	111,09 b
CCC	142,04 a	176,50 a	198,17 a	202,18 a	179,72 a
Floresta	75,58 a	84,91 b	90,44 b	232,90 a	120,96 b
Média	103,00 B	127,63 B	131,98 B	167,75 A	

1 Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na coluna representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante a mesma estação.

2 Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre as estações.

Onde: C1 = Cafezal 1 linha guandu; C2 = Cafezal 2 linhas guandu; C3 = Cafezal 3 linhas guandu; Cps = Cafezal em pleno sol e CCC = Cultura ciclo curto.

Tabela 6. Quociente microbiano do solo (mg Cmic 100mg Corg⁻¹) sob diferentes manejos avaliados durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.

qMic ¹	Verão ^{2,3}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	0,57 a	1,44 a	1,25 a	1,19 a	1,11 a
C2	0,79 a	1,11 a	0,94 b	1,68 a	1,13 a
C3	0,74 a	0,89 b	1,32 a	1,38 a	1,08 a
Cps	0,52 a	1,06 a	1,47 a	1,25 a	1,07 a
CCC	0,66 a	1,30 a	1,54 a	1,63 a	1,28 a
Floresta	0,44 a	0,56 b	0,71 b	1,72 a	0,86 a
Média	0,62 C	1,06 B	1,20 B	1,47 A	

1 Valores transformados para raiz quadrada

2 Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na coluna representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante a mesma estação.

3 Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre as estações.

Onde: C1 = Cafezal 1 linha guandu; C2 = Cafezal 2 linhas guandu; C3 = Cafezal 3 linhas guandu; Cps = Cafezal em pleno sol e CCC = Cultura ciclo curto.

Contrariamente, a RBS e o qCO₂ foram maiores durante o verão (Tabelas 8 e 9). No primeiro caso, não houve diferença entre os tratamentos, porém quanto ao qCO₂, este foi maior em C1, C3 e floresta. Nesta situação, a menor precipitação pode ter contribuído para aumentar o estresse microbiano causado pela temperatura alta, repercutindo numa maior emissão de C-CO₂ e na ineficiência dos microrganismos em utilizar o C. GRISI et al., (1998) observaram aumento da evolução de C-CO₂ em solo sob floresta com o aumento da temperatura.

Tabela 7. Respiração basal do solo (mg C-CO₂ kg solo h⁻¹) sob diferentes manejos avaliada durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.

	Verão ^{1,2}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	2,06 a	0,80 a	1,04 a	2,01 a	1,48 a
C2	2,79 a	0,69 a	1,27 a	1,60 a	1,59 a
C3	2,69 a	0,89 a	1,38 a	1,43 a	1,60 a
Cps	1,66 a	0,58 a	1,09 a	1,04 a	1,09 a
CCC	2,34 a	0,56 a	1,51 a	2,13 a	1,63 a
Floresta	2,30 a	0,70 a	1,31 a	1,88 a	1,55 a
Média	2,31 A	0,70 D	1,27 C	1,68 B	

1 Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na coluna representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante a mesma estação.

2 Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre as estações.

Onde: C1 = Cafezal 1 linha guandu; C2 = Cafezal 2 linhas guandu; C3 = Cafezal 3 linhas guandu; Cps = Cafezal em pleno sol e CCC = Cultura ciclo curto.

Tabela 8. Quociente metabólico do solo (mg C-CO₂ g Cmic.h⁻¹) sob diferentes manejos avaliado durante o verão, o outono, o inverno e a primavera de 2002 no distrito de Avelar no município de Paty do Alferes.

	Verão ^{1,2}	Outono	Inverno	Primavera	Média
C1	38,19 a	6,06 a	8,93 a	21,20 a	18,59 a
C2	21,91 b	5,71 a	10,16 a	9,34 a	11,78 b
C3	27,43 a	9,79 a	11,00 a	13,40 a	15,40 a
Cps	23,00 b	6,71 a	6,75 a	9,66 a	11,53 b
CCC	11,94 b	4,07 a	8,02 a	10,33 a	8,59 b
Floresta	29,79 a	6,23 a	14,89 a	10,35 a	15,31 a
Média	25,37 A	6,43 B	9,96 B	12,38 B	

1 Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na coluna representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante a mesma estação.

2 Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre as estações.

Onde: C1 = Cafezal 1 linha guandu; C2 = Cafezal 2 linhas guandu; C3 = Cafezal 3 linhas guandu; Cps = Cafezal em pleno sol e CCC = Cultura ciclo curto.

Atributos microbianos e grupos de macrofauna edáfica na descrição dos ambientes estudados.

Pela Figura 3, é possível perceber que no verão, os grupos Enchytraeidae e Formicidae estiveram associados aos solos C2 e Cps. O grupo Enchytraeidae indica maior promoção de agregação, porosidade e infiltração de água (VAN VLIET, 1998), sendo tanto inibidos quanto estimulados pelas práticas de manejo do solo. Quanto à família Formicidae, sua presença mostra que são solos mais perturbados, pois este grupo apresenta grande plasticidade quanto a adaptação às condições ambientais (FOWLER, 1998). São capazes de modificar a estrutura física do solo pela criação de galerias, influenciando na porosidade, aeração, infiltração e drenagem do solo (LAVELLE & SPAIN, 2001).

O solo C3 favoreceu a ocorrência de Heteroptera, Diplopoda, Symphyla, Isopoda, Coleoptera, Gastropoda, além de maiores valores de BMS, RBS e qMic. Neste caso, as condições criadas pelo uso de mais linhas de guandu, pode ter sido mais favorável à macrofauna do que ambientes mais descobertos (CCC e Cps), quando a falta de proteção proporcionada pelo adubo verde (lenhosa e arbustiva) resultou na redução desses grupos. A relação entre fauna e microrganismos durante o verão esteve associada à fauna saprófaga.

Homoptera esteve mais associado ao solo CCC do que ao de outras áreas, o que pode estar ligado à cultura utilizada (pimentão), pois neste grupo se incluem os pulgões, praga comum a esse tipo de cultura (GALLO, 1988), enquanto solos C1 e floresta foram ricos em Aranae, Isoptera, Orthoptera, Diptera, Dermaptera, Blattodea e Chilopoda. A menor interferência antrópica deve ter favorecido a presença desses grupos, uma vez que Aranae, Dermaptera, Chilopoda são reconhecidamente grupos predadores, o que ocorre somente em condições propícias e com maior riqueza de alimentos, pois o cultivo afeta a biodiversidade (ALTIERI, 1993), e conseqüentemente a oferta de alimentos. Dentro do grupo diptera, existe a mosca do mediterrâneo (*Ceratitis capitata*), praga de frutos em cafezais (GALLO, 1988).

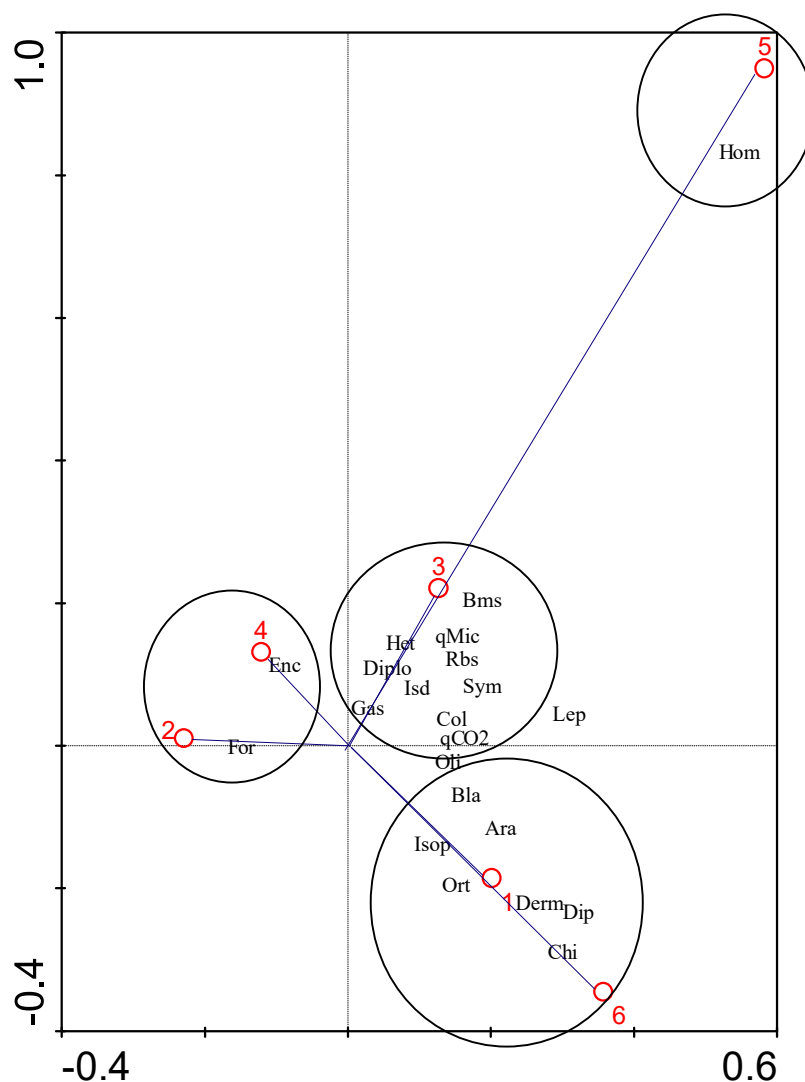


Figura 3. Análise de correspondência da densidade da macrofauna do solo e atributos microbianos em diferentes tratamentos (Avelar-RJ). Dados referentes ao verão.

Onde: 1 = Cafezal 1 linha guandu; 2 = Cafezal 2 linhas guandu; 3 = Cafezal 3 linhas guandu; 4 = Cafezal em pleno sol e 5 = Cultura ciclo curto, 6=floresta, Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Derm = Dermaptera; Diplo = Diplopoda; Diplu = Diplura; Enc = Enchytraidae; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Lep = Lepidoptera; Oli = Oligochaeta; Ort = Orthoptera e Sym = Symphyla.

A Figura 4 mostra que C2 e C3 correlacionaram-se aos grupos Lepidoptera, Oligochaeta, Isoptera, Isopoda, Heteroptera e Diplopoda. É importante observar que Lepidoptera em área de cafezal pode ser indicativo de duas pragas muito associadas: bicho mineiro ou lagarta dos cafezais, enquanto Oligochaeta, Isopoda e Diplopoda estão incluídos como fauna saprófaga, ao passo que a Oligochaeta e Isoptera são animais capazes de provocar mudanças físicas e químicas no solo. LAVELLE (1994) reconhece cupins e minhocas como grupos mais atuantes na promoção de modificações no solo (engenheiros do ecossistema), capazes de desenvolver relações mutualísticas com a microflora para a digestão da matéria orgânica do solo. Os tratamentos C1 e CCC

apresentaram afinidade à BMS, qMic e Dermaptera. O tratamento Cps correlacionou-se ao grupo Formicidae, que de acordo com LAVELLE, (1994) e DAUBER & WOLTERS (2000) podem carregar material a locais mais profundos no perfil do solo. A floresta foi mais rica em Araneae e Chilopoda.

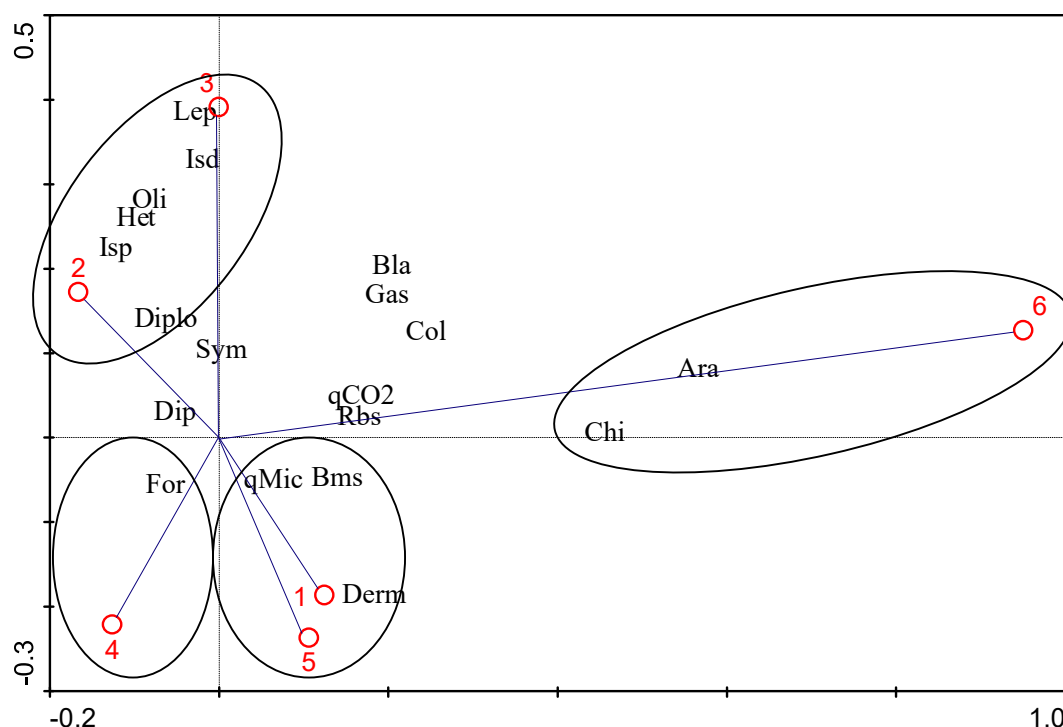


Figura 4. Análise de correspondência da densidade da macrofauna do solo e atributos microbianos em diferentes tratamentos (Avelar-RJ). Dados referentes ao outono.

Onde: 1 = Cafezal 1 linha guandu; 2 = Cafezal 2 linhas guandu; 3 = Cafezal 3 linhas guandu; 4 = Cafezal em pleno sol e 5 = Cultura ciclo curto, 6=floresta, Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Derm = Dermaptera; Diplo = Diplopoda; Diplu = Diplura; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Lep = Lepidoptera; Oli = Oligochaeta; Ort = Orthoptera e Sym = Symphyla.

A Figura 5 mostra que no tratamento C1, a presença de Lepidoptera, Blattodea, Araneae e Oligochaeta foi mais expressiva. Para PARMELEE (1990), a densidade da população de Oligochaeta é favorecida pela manutenção de matéria orgânica e pelo não revolvimento do solo. Os tratamentos C2 e Cps foram afins aos grupos Orthoptera, Heteroptera, Gastropoda e Formicidae; os grupos Isoptera e Symphyla se mostraram associados ao tratamento C3, ao passo que floresta e CCC foram ricos em Chilopoda e Diptera, sendo válido ressaltar que os indicadores microbianos apresentaram uma tendência de associação a esses tratamentos, o que voltou a ocorrer na estação seguinte (primavera), talvez estimulado pelo solo CCC, que apresentou maior BMS no ano e qMic, que em termos absolutos, também foi maior em CCC (Tabelas 5 e 6).

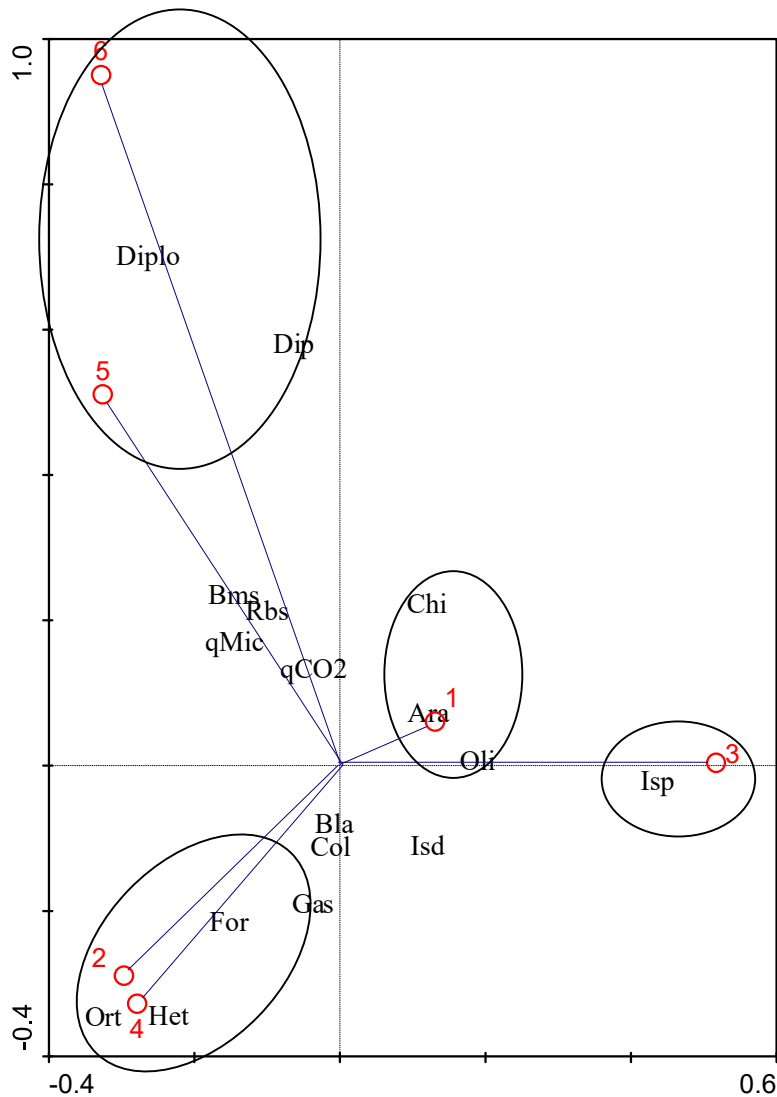


Figura 6. Análise de correspondência da densidade da macrofauna do solo e atributos microbianos em diferentes tratamentos (Avelar-RJ). Dados referentes à primavera.

Onde: 1 = Cafezal 1 linha guandu; 2 = Cafezal 2 linhas guandu; 3 = Cafezal 3 linhas guandu; 4 = Cafezal em pleno sol e 5 = Cultura ciclo curto, 6=floresta, Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Derm = Dermaptera; Diplo = Diplopoda; Diplu = Diplura; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Lep = Lepidoptera; Oli = Oligochaeta; Ort = Ortoptera e Sym = Symphyla.

Os atributos microbianos não são claros quanto à associação aos tratamentos, no entanto, é provável que solo CCC tenha apresentado maiores valores de BMS e qMic devido às práticas de adubação e irrigação, tornando-o nutricionalmente mais rico e em condições propícias ao desenvolvimento da biomassa, , já o qMic apesar de não apresentar diferença foi alto em CCC por todo o ano, como também, em C1 e Cps.

É válido frisar que somente em solos de cafezal houve presença mais forte de cupins e formigas. Não foram observadas minhocas associadas aos solos de floresta e CCC. A não ocorrência de minhocas em CCC pode ser atribuída à adubação nitrogenada que pode causar redução na sua população (MA et al., 1990). O aporte de material

orgânico, neste caso, pode ter sido mais favorável nos cafezais à presença de minhocas, como foi observado por WHALEN et al., (1998) e WERNER & DINDAL (1989). Para DAUBER & WOLTERS (2000), as formigas possuem importante papel como engenheiros do ecossistema e que dependendo das espécies, estas podem causar diferentes efeitos na microflora e na estratégia de alimentação. Há o fato de a profundidade ter corroborado para este resultado, uma vez que para BARROS et al., (2002), as minhocas são mais abundantes na profundidade de 0-10 cm. O grupo Isopoda confirma essa tendência, pois esteve correlacionada à C2, no outono, e C3 no verão e no outono. E estudos mostram que são fortemente associados aos processos de decomposição (CAMERON & LAPOINT 1978; HASSALL et al., 1987) sendo importante ressaltar o maior aporte de esterco e restos vegetais em solo sob cafezal.

Aranae e Heteroptera estiveram mais associados aos tratamentos C1 e C2, respectivamente, enquanto Isoptera esteve mais correlacionado à C3 e Formicidae ao C2 e Cps. Em solos de CCC, Diptera, BMS e qMic parecem ter sido mais favorecidos enquanto em floresta, Aranae, Chilopoda e Diptera foram os que apresentaram maior representatividade.

Ensaio 2 – Santa Mônica

A análise para ser aceita necessita que até o terceiro eixo sejam explicados 70% do trabalho, pela Tabela 10, já a partir do segundo eixo eram explicados mais do que o necessário para se aceitar a análise, quando outono, inverno, primavera e verão explicaram, respectivamente, 74, 82, 87 e 88% da análise.

Tabela 9. Explicação obtida pelos eixos de correlação para as variáveis analisadas.

Eixo	Outono		Inverno		Primavera		Verão	
	1	2	1	2	1	2	1	2
% explicação	49,2	25,2	63,8	23,5	66,6	15,7	76,2	11,4
% explicação total	49,2	74,4	63,8	87,3	66,6	82,3	76,2	87,6

O outono foi a estação com maiores valores para a densidade média e a riqueza média da macrofauna, sendo marcado por temperaturas mais amenas (Figura 1), enquanto inverno, primavera e verão foram estatisticamente iguais (Tabelas 10 e 11). A precipitação parece não ter sido tão essencial para a macrofauna quanto a temperatura e o tipo de cobertura do solo, pois a maior precipitação na primavera não refletiu no aumento da densidade.

Tabela 10: Densidade da macrofauna do solo (ind m^{-2}) e a densidade total, avaliadas durante outono, inverno e primavera de 2002 e verão de 2003 na fazenda Santa Mônica (Valença/RJ).

Densidade ¹	Outono ^{2,3}	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	282 a	118 a	114 a	50 b	141 b
Csav	256 a	104 a	98 a	82 b	135 b
Iav	410 a	82 a	84 a	74 b	163 b
Isav	302 a	70 a	72 a	32 b	119 b
Pastagem	124 a	76 a	76 a	4 b	67 c
Floresta	133 a	238 a	242 a	1138 a	458 a
Média	262 A	115 B	114 B	230 B	

1 Valores transformados para raiz quadrada

2 Valores seguidos por letras minúsculas representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação.

3 Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação. Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde e Isav = icatu sem adubação verde.

Densidade da macrofauna edáfica

Solos Iav e floresta apresentaram a maior densidade média da macrofauna edáfica. Solos Cav, Csav e Isav situaram-se em um nível intermediário e solo sob pastagem apresentou a menor densidade de todos os tratamentos. Resultados semelhantes foram obtidos por TANCK et al., (2000), que observaram maior densidade populacional em floresta e plantio direto, justificado pelo volume e diversidade de material orgânico

depositado na superfície do solo, à qualidade deste componente e, principalmente, às menores amplitudes térmicas, associadas à precipitação pluviométrica, tendo sido maiores no verão e na primavera. O outono foi a estação climática que obteve os maiores valores de densidade. Solo florestal foi particularmente favorecido no verão, quando todos os demais tratamentos foram baixos. Justamente o período mais seco e de maior temperatura. Nesta época, a cobertura proporcionada pela vegetação densa da floresta pode ter minimizado os efeitos sobre a macrofauna do solo em relação aos demais tratamentos não possibilitaram. No outono, período mais favorável, a precipitação também não foi alta, mas a temperatura foi mais amena (Tabela 2).

Tabela 11: Riqueza da macrofauna do solo avaliadas durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 e situados na fazenda Santa Mônica no distrito de Barão de Juparanã no município de Valença.

	Outono ^{1,2}	Inverno	Primavera	Verão	Média
Cav	3 a	2 a	2 a	2 b	2 b
Csav	3 a	2 a	2 a	2 a	2 b
Iav	3 a	2 a	2 a	1 b	2 b
Isav	3,5 a	2 a	2 a	1 b	2 b
Pastagem	4 a	1 b	1 a	0,5 b	1 c
Floresta	4 a	3 a	3 a	4 a	3 a
Média	3 A	2 B	2 B	2 B	

¹ Valores seguidos por letras minúsculas representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação.

² Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação. Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde e Isav = icatu sem adubação verde.

Tabela 12. Densidade total da macrofauna edáfica (nº de ind.m⁻²) durante as estações climáticas na Fazenda Santa Mônica (Continua).

Época	Ara	Bla	Chi	Col	Derm	Diplo	Dip	For	-	Het	Hym	Isod	Isop	Lep	Oli	Ort	Sym
Cav	2	0	0	28	0	0	0	208	-	2	2	2	0	2	34	2	0
Csav	28	0	208	2	0 0	2 0	0	2	-	2	0	0	0 0	34 84 12	0	0	0
Iav	10	0	0	80	0 0 4	0 0 0	2	212	-	2	24	0	48	0	0	2	0
Isav	O	8	0	0	20		0	172	-	10	0 0	0	124	88	0	0	0
Pas		12	0	0	8		0	40	-	0	0	0	12		0	0	0
Flo		8	8	0	24		0	52	-	0		0			0	0	8
	Ara	Bla	Chi	Col	Diplu	-	Dip	For	Gas	Het	Hom	Isod	Isop	Lep	Oli	Ort	Sym
Cav	0	0	0	16	0	-	2	92	0	0	0	6	0	0	0	0	2
Csav	2	4	0	14	0 0	- - - - -	0	80	0	2	2 0	0	0 0	0 2	0	0	0
Iav	0	2	0	24	0 0		0	38	0	0	0 0	0	0 0	0 0	0	10	6
Isav	I	2	0	0	16	4	0	44	0	6	0	0	2	0	2	0	0
Pas		0	0	0	2		0	72	0	2		0			0	0	0
Flo		2	2	4	16		0	176	2	0		0			30	0	0
	Ara	Bla	Chi	Col	-	-	Dip	For	Gas	Het	-	Isod	-	-	Oli	Ort	Sym
Cav	0	0	0	14	-	-	2	94	0	0	-	2	-	-	0	0	2
Csav	2	0	0	12	-	-	0	82	0	0	-	2	-	-	0	0	0
Iav	2	0	0	26	-	-	2	38	0	0	-	0	-	-	0	10	6
Isav	P	2	0	0	20	-	0	46	0	2	-	0	-	-	2	0	0
Pas		0	0	0	2		0	72	0	2		0			0	0	0
Flo		0	2	4	16		0	188	2	2		0			28	0	0

Tabela 12. Continuação.

	Ara	Bla	Chi	Col	-	Diplo	-	For	Gas	Het	-	Isod	Isop	-	Oli	Ort	-
Cav	8	0	0	0	-	2	-	26	8	8	-	0	0	-	0	0	-
Csav	4	2	0	6	- 4	12	- 0	48	2	6	- 2	0	0	- 0	0	2	- 0
Iav	2	0	0		- 8		- 0	66	0 0		- 0	0		- 0	0 0		- 0
Isav	V 10	0	0		-		-	14	0 0		-	0		- 0	0		- 0
Pas	0	0	0	2	-	0	- 2	2		0	- 0	0 2		-	16		- 0
Flo	4	2	2	20	-		-	214			-		876	-			-

Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde e Isav = icatu sem adubação verde, Pas = pastagem, Flo = floresta, O = outono, I = inverno, P = primavera, V = verão, Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Derm = Dermaptera; Diplo = Diplopoda; Diplu = Diplura; Enc = Enchytraidae; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Lep = Lepidoptera; Oli = Oligochaeta; Ort = Orthoptera e Sym = Symphyla

Riqueza média da macrofauna edáfica

Solo sob floresta foi o tratamento cuja riqueza média apresentou-se mais alta. Em seguida, todos os sistemas com cafezais foram iguais estatisticamente, enquanto solo sob pastagem apresentou a menor riqueza. TANCK et al., (2000) observou resultado semelhante em solo sob floresta, quando a maior biomassa foi obtida durante o outono e o inverno. Dentre as estações climáticas, o outono foi aquela que obteve as maiores médias de riqueza, quando todos os tratamentos foram estatisticamente iguais (Tabela 3).

Atributos microbianos

Pela média geral, o outono foi à estação do ano mais favorável ao aumento da BMS, RBS e qMic, enquanto o qCO₂ apresentou os menores valores neste mesmo período (Tabela 14, 15, 16 e 1718). Para a BMS, solos Cav, Csav, Iav, Isav e floresta foram os tratamentos que mais favoreceram a BMS, já solo sob pastagem apresentou a menor BMS. A RBS foi maior em solo florestal de acordo com a média final, enquanto os demais tratamentos foram inferiores. O qCO₂ foi maior em solo sob floresta e pastagem e o qMic foi maior em solos Cav, Csav, Iav e Isav.

Tabela 13: Biomassa microbiana do solo (mg C kg solo⁻¹) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 na fazenda Santa Mônica no município de Valença.

BMS ¹	Outono ^{2,3}	Inverno	Primavera	Verão	
Cav	369,55 a	332,43 a	296,51 a	145,92 a	286,10 a
Csav	396,60 a	241,15 a	293,91 a	116,94 b	262,15 a
Iav	386,69 a	307,10 a	265,22 a	166,52 a	281,38 a
Isav	342,30 a	280,67 a	269,56 a	105,46 b	249,50 a
Pastagem	410,61 a	130,95 b	165,63 b	86,97 b	198,54 b
Floresta	308,11 a	162,59 b	335,47 a	168,26 a	243,61 a
Média	368,976 A	242,48 B	271,05 B	131,68 C	

¹ Valores transformados para log na base 10

² Valores seguidos por letras minúsculas representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação.

³ Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação. Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde e Isav = icatu sem adubação verde.

Tabela 14: Respiração basal do solo (mg C-CO₂ kg solo h⁻¹) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 na fazenda Santa Mônica no município de Valença.

RBS	Outono ^{1,2}	Inverno	Primavera	Verão	
Cav	1,81 a	1,75 a	2,25 a	1,58 a	1,85 b
Csav	2,32 a 1,77	2,02 a	1,88 a	0,88 a	1,77 b
Iav	a	1,58 a	0,96 b	1,43 a	1,43 b
Isav	1,52 a	2,20 a	0,76 b	1,19 a	1,42 b
Pastagem	1,99 a	1,27 a	0,76 b	1,34 a	1,34 b
Floresta	2,43 a	2,36 a	2,32 a	2,43 a	2,39 a
Média	1,97 A	1,86 A	1,49 B	1,47 B	

¹ Valores seguidos por letras minúsculas representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação.

² Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação. Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde e Isav = icatu sem adubação verde.

Tabela 15: Quociente metabólico do solo (mg C-CO₂ g Cmic.h⁻¹) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 na fazenda Santa Mônica no município de Valença.

qCO ₂	Outono ^{1,2}	Inverno	Primavera	Verão	
Cav	5,60 a	5,16 a	7,29 a	9,51 c	6,89 b
Csav	6,16 a	7,89 a	6,49 a	7,82 c	7,09 b
Iav	4,70 a	7,92 a	4,11 a	8,75 c	6,37 b
Isav	4,63 a	8,31 a	4,28 a	12,84 c	7,51 b
Pastagem	4,85 a	12,97 a	4,95 a	29,03 a	12,95 a
Floresta	8,32 a	15,76 a	6,98 a	18,76 b	12,45 a
Média	5,71 C	9,67 B	5,68 C	14,45 A	

¹ Valores seguidos por letras minúsculas representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação.

² Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação. Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde e Isav = icatu sem adubação verde.

Tabela 16: Quociente microbiano do solo (mg Cmic 100mg Corg⁻¹) durante o outono, o inverno e a primavera de 2002 e o verão de 2003 na fazenda Santa Mônica no município de Valença.

qMic	Outono ^{1,2}	Inverno	Primavera	Verão	
Cav	2,70 a	2,37 a	2,24 a	1,05 a	2,09 a
Csav	2,97 a	1,73 a	2,29 a	0,80 a	1,95 a
Iav	2,57 a	2,36 a	2,01 a	0,85 a	1,94 a
Isav	2,94 a	2,12 a	1,93 a	1,15 a	2,03 a
Pastagem	3,25 a	0,96 b	1,24 b	0,58 a	1,51 b
Floresta	1,92 b	0,58 b	1,70 b	0,58 a	1,19 b
Média	2,72 A	1,68 B	1,90 B	0,83 C	

1 Valores seguidos por letras minúsculas representam diferença significativa a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação.

2 Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças significativas a 5% pelo teste Scott-Knott entre os tratamentos durante cada estação. Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde e Isav = icatu sem adubação verde.

Atributos microbianos e grupos de macrofauna edáfica na descrição dos ambientes estudados.

Em Santa Mônica foi realizada uma avaliação quando ocorreu a implantação do experimento em que a floresta apresentou a maior diversidade de grupos (12), tendo as demais áreas se situado numa faixa inferior, onde catuaí e icatu sem adubo verde e a pastagem tiveram os menores índices (7 grupos). Percebe-se uma alteração desses dados, uma vez que se nota uma maior ocorrência, em termos de riqueza naquelas subparcelas que receberam crotalária. Já entre a pastagem (em aparente degradação) e a floresta, apesar de serem próximos em uma análise quantitativa (932 x 788 indivíduos), os resultados evidenciam oposição quanto a riqueza (7 x 12 grupos) (ANEXO 4). A utilização da adubação verde parece favorecer a ocorrência de grupos que não aparecem nos tratamentos sem a adubação, tais como: Orthoptera e Hymenoptera, como também, de Isopoda e Diptera em menor grau. A ocorrência de Isoptera na pastagem foi 10 vezes superior à floresta, sendo este fato, como a presença de formiga, um indicativo de perturbação do solo. Na coleta do inverno, houve uma redução dos grupos no catuaí com adubação verde e no Icatu com e sem adubação verde. No catuaí sem adubação verde e no pasto houve uma manutenção do nível anterior, ao passo que na floresta aumentou. De qualquer modo, parece ter havido uma tendência de queda dos grupos durante as estações mais frias, o que poderá ser verificado com a análise das coletas posteriores (primavera e verão) e que a floresta tende a oferecer mesmo sob condições ainda desfavoráveis, um melhor *habitat* à macrofauna (ANEXO 4).

Pela Figura 7, é possível perceber que há uma forte associação entre o grupo Isoptera (cupins) e solo sob pastagem. Devido ao sistema radicular profuso e denso, este solo cria condições propícias ao desenvolvimento deste grupo, pois são animais que se alimentam de raízes e em virtude do maior teor de celulose neste material, e somente pelo fato dos cupins desenvolverem relações mutualísticas com a microflora que habita seu trato digestivo, eles são capazes de digeri-lo (LAVELLE, 1994). Maior temperatura e menor umidade podem explicar o aumento significativo da abundância de cupins (BARROS et al., 2002).

Solos de cafezais sem adubação verde apresentaram baixa correspondência, ISAV apresentou correspondência ao grupo Heteroptera, cujas espécies não apresentam importância econômica no ataque ao cafezal e solo sob CSAV apresentou correspondência com Chilopoda e Diplopoda, cuja presença está associada a ambientes mais ricos em matéria orgânica. Solos de cafezais com adubação verde (CAV e IAV) e floresta apresentaram correspondência aos seguintes grupos: Isopoda, Orthoptera, Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera, Symphyla, Blattodea, Coleoptera, Dermaptera, Formicidae e Oligochaeta, o que implica em dizer, que a presença maciça de animais saprófagos, predadores e engenheiros do ecossistema (formigas e minhocas) neste período, foram favorecidos pela diversificação de culturas. Os atributos microbianos ocuparam posição central no cruzamento entre os eixos, o que demonstra certa homogeneidade de seus valores independente do tratamento.

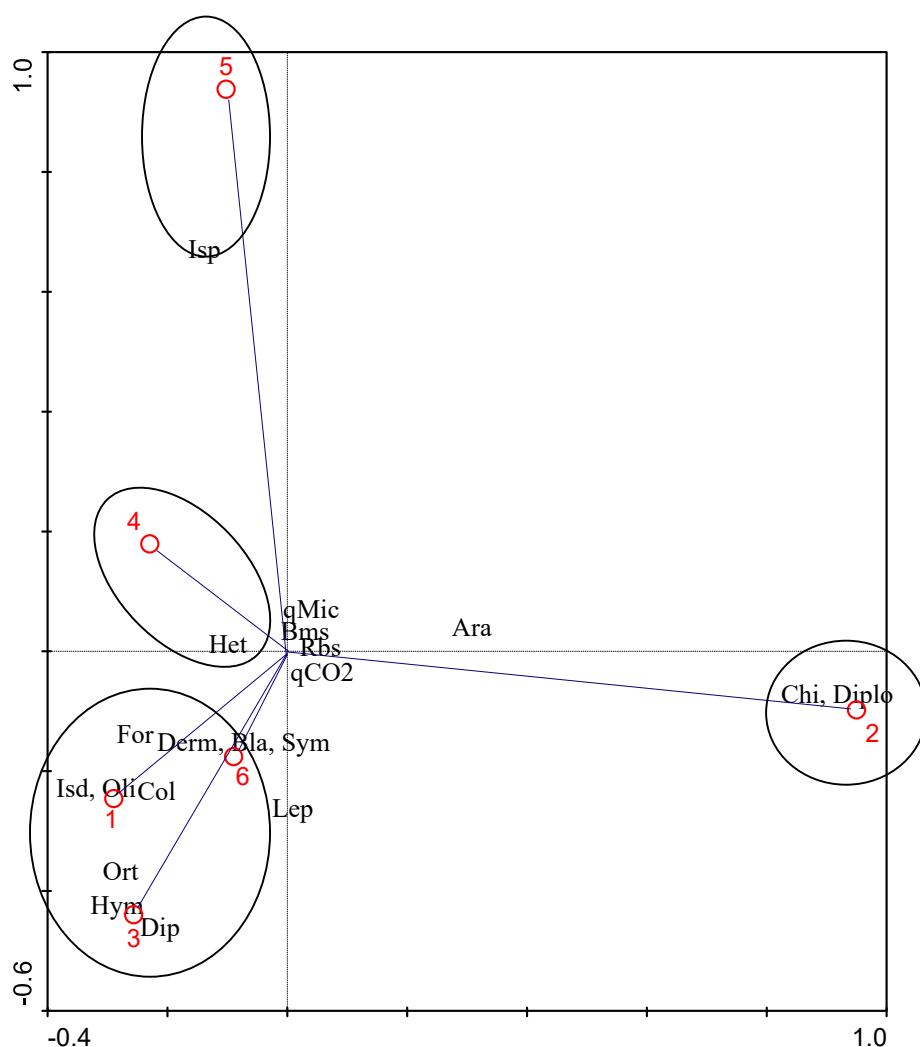


Figura 7. Análise de correspondência da densidade da macrofauna do solo e atributos microbianos em diferentes tratamentos (Avelar-RJ). Dados referentes ao outono.

Onde: 1=Cav, 2=Csav, 3=Iav, 4=Isav, 5=pastagem, 6=floresta, Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Derm = Dermaptera; Diplo = Diplopoda; Diplu = Diplura; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Lep = Lepidoptera; Oli = Oligochaeta; Ort = Orthoptera e Sym = Symphyla.

A Figura 8, referente ao inverno, mostra que houve mudanças na distribuição dos grupos. Solo sob IAV correspondeu-se aos grupos Lepidoptera e Symphyla, o primeiro é encontrado em áreas de cafezais como praga (bicho mineiro e lagarta dos cafezais) (GALLO, 1988), já o segundo é de hábito saprófago muito associado a ambientes ricos em matéria orgânica, pois dele dependem para sobreviver. CAV, CSAV e ISAV apresentaram maior correspondência à BMS, qMic, Isopoda, Heteroptera, Diptera e Homoptera. O maior conteúdo de matéria orgânica no solo pode ter contribuído para o melhor desenvolvimento desses grupos, que a utilizam para se alimentar. Solos de floresta apresentaram correspondência aos grupos Diplura, Chilopoda, Gastropoda, Isoptera e Oligochaeta. O primeiro é saprófago, o segundo predador, enquanto Isoptera e Oligochaeta estão associados a transformações físicas e químicas do solo. Nenhum grupo se mostrou associado ao solo da pastagem. Diplopoda e Isopoda foram mais abundantes em solos com maior valor de saturação de bases (BARROS et al., 2002).

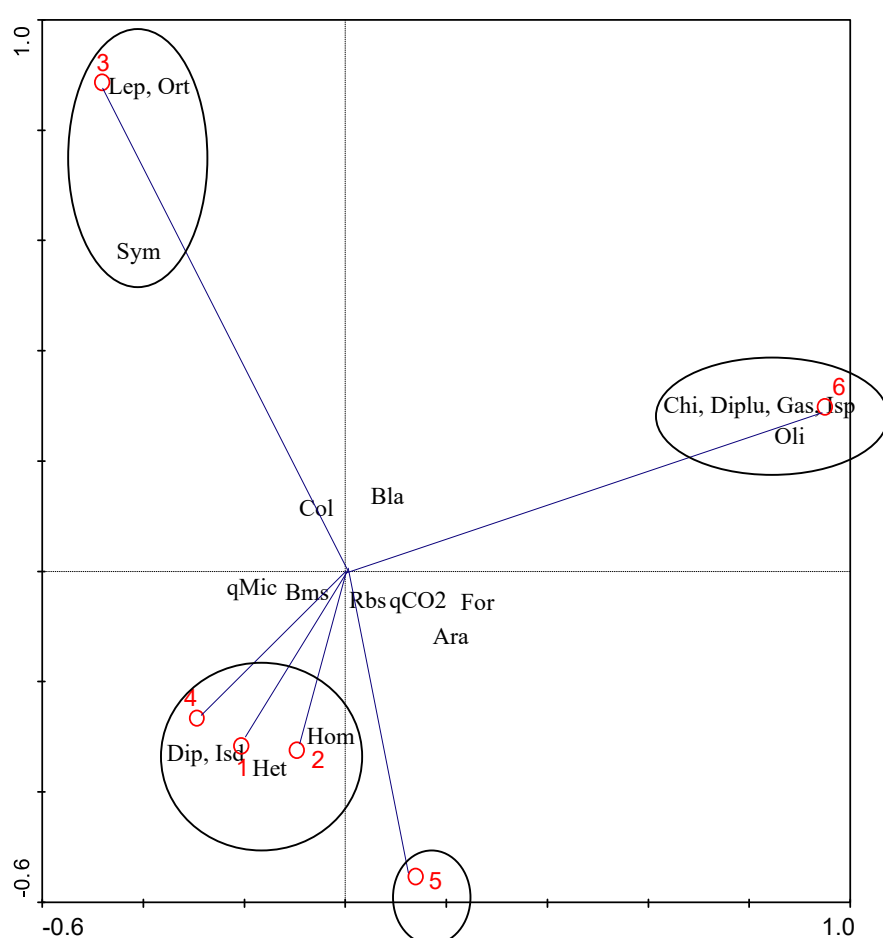


Figura 8. Análise de correspondência da densidade da macrofauna do solo e atributos microbianos em diferentes tratamentos (Avelar-RJ). Dados referentes ao inverno.

Onde: 1=Cav, 2=Csav, 3=Iav, 4=Isav, 5=pastagem, 6=floresta, Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Derm = Dermaptera; Diplo = Diplopoda; Diplu = Diplura; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Lep = Lepidoptera; Oli = Oligochaeta; Ort = Orthoptera e Sym = Symphyla.

A Figura 9 revela uma redução da correspondência entre grupos de fauna e tratamentos na primavera. Solo sob pastagem voltou a não apresentar correspondência. Solo sob floresta apresentou correspondência com os grupos Chilopoda, Gastropoda e Blattodea. Solo sob IAV correspondeu-se aos grupos Orthoptera e Symphyla, e CSAV, CAV e ISAV apresentaram correspondência somente ao grupo Isopoda.

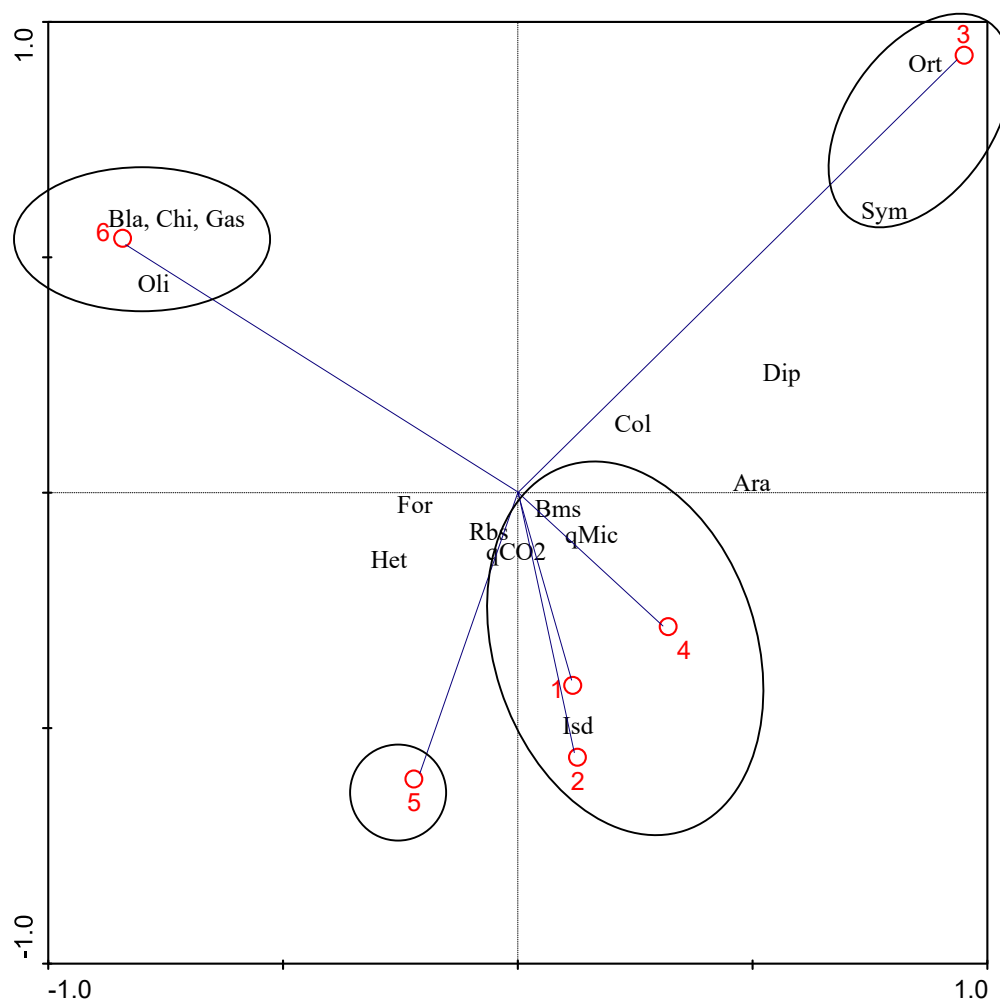


Figura 9. Análise de correspondência da densidade da macrofauna do solo e atributos microbianos em diferentes tratamentos (Avelar-RJ). Dados referentes à primavera. Onde: 1=Cav, 2=Csav, 3=Iav, 4=Isav, 5=pastagem, 6=floresta, Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Derm = Dermaptera; Diplo = Diplopoda; Diplu = Diplura; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Lep = Lepidoptera; Oli = Oligochaeta; Ort = Orthoptera e Sym = Symphyla.

O verão (Figura 10) mostra que há aumento em relação às correspondências observadas na primavera. No caso da floresta, Isoptera, grupos saprófagos como Isopoda e Oligochaeta, e o grupo predador Chilopoda, estiveram altamente associados. IAV, CAV e CSAV corresponderam-se aos grupos Aranae, Gastropoda, Heteroptera, Diplopoda, Orthoptera e Blattodea; pastagem não apresentou correspondência e ISAV somente aos atributos microbianos. Resultado contrário ao observado por BARROS (1999), quando houve aumento significativo de Diplopoda em floresta. Os diplopodas possuem uma morfologia que os permite forçar através da cabeça e seus diversos pés, seus caminhos entre a vegetação e outros habitats não disponíveis à micro e mesofauna (HOPKIN & READ, 1992).

De acordo com os resultados, IAV apresentou correspondência aos grupos Symphyla, Orthoptera, Lepidoptera e Blattodea. ISAV às variáveis Heteroptera, Isopoda, BMS e qMic. CAV às variáveis Isopoda, Blattodea, Heteroptera, Orthoptera, BMS e qMic. CSAV às variáveis Diplopoda, Heteroptera, Isopoda, BMS e qMic. Solos de pastagem mostraram-se muito pobres em termos de diversidade. Segundo BARROS et al., (2002), a distribuição da macrofauna em solo deste tipo ocorre, principalmente, na camada de 10-20 cm. DECAENS et al., (1994) observaram resultados semelhantes, quando a redução na densidade de macroinvertebrados comparados com a savana original na Colômbia foi alta, o mesmo foi observado por FRAGOSO E LAVELLE (1987) e LAVELLE E PASHANASI (1989). Solos de floresta, por outro lado, apresentaram correspondência a um grande grupo de animais, notadamente, Oligochaeta e Chilopoda, além de Isoptera, Isopoda, Gastropoda e Blattodea. As minhocas respondem positivamente ao aumento da matéria orgânica do solo (LEE, 1985), e solos de floresta continham maior quantidade de matéria orgânica. Todas essas correspondências ocorreram em duas ou mais épocas do ano. Dentro dos cafezais, Orthoptera e Blattodea associaram-se aos tratamentos que receberam adubo verde e Heteroptera, Isopoda, BMS e qMic aos tratamentos ISAV, CAV e CSAV.

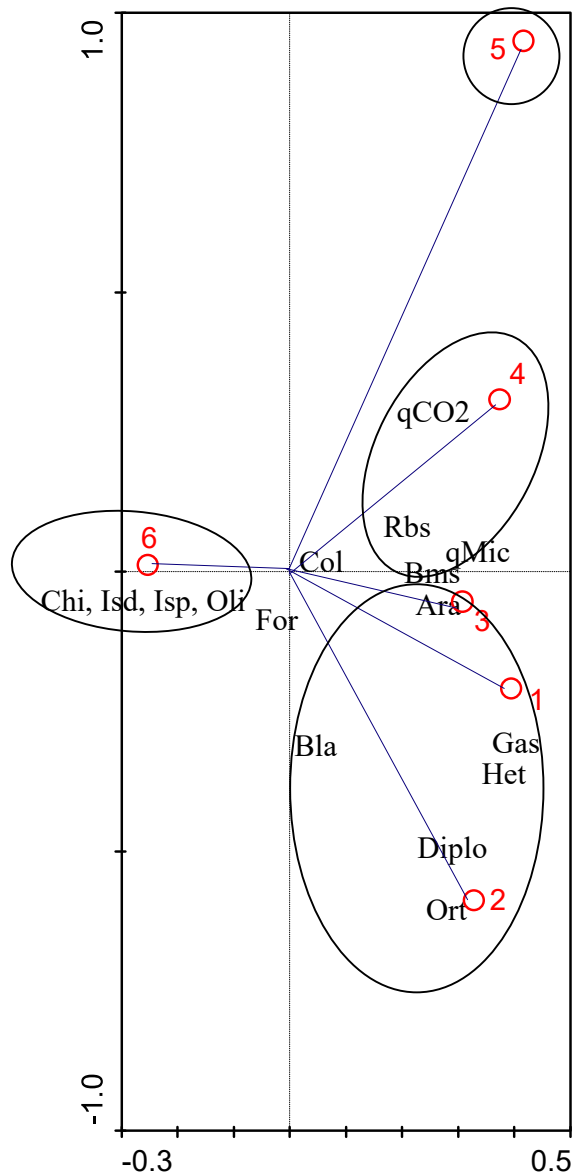


Figura 10. Análise de correspondência da densidade da macrofauna do solo e atributos microbianos em diferentes tratamentos (Avelar-RJ). Dados referentes ao verão. Onde: 1=CAV, 2=CSAV, 3=IAV, 4=ISAV, 5=pastagem, 6=floresta, Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Derm = Dermaptera; Diplo = Diplopoda; Diplu = Diplura; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Lep = Lepidoptera; Oli = Oligochaeta; Ort = Orthoptera e Sym = Symphyla.

As minhocas influenciam, significativamente, no processo de ciclagem de nutrientes (BLAIR et al., 1995; EDWARDS & BOHLEN, 1996) e são bastante afetadas pela temperatura e umidade do solo (WHALEN et al., 1998). Por isso, em solos de cafezais, mesmo com adubação verde, elas não apresentaram correspondência, já em solo sob floresta é possível que a cobertura tenha proporcionado proteção pela menor oscilação de temperatura e que a umidade tenha favorecido esse grupo. Floresta apresentou grande abundância de formigas e cupins (BARROS et al., 2002). Estudos mostram que o aumento da RBS não se deve a utilização de coprólitos de minhocas (BINET et al., 1998) e que estas podem usar os microrganismos como alimento secundário e que ao passar pelo trato digestivo das minhocas tem a BMS reduzida (ZHANG et al., 2000). Ainda assim, resultados são contraditórios neste sentido, uma vez que há redução (BOHLEN & EDWARDS, 1995) e aumento da BMS (SCHEU, 1992), em presença de minhocas.

TANCK et al., (2000) observaram maior densidade de minhocas em floresta nativa, principalmente, no verão e na primavera. A manutenção de matéria orgânica pelo não revolvimento e rotação de cultura favorecem as minhocas (TANCK et al., 2000) que associados às condições ambientais podem favorecê-las. As formigas foram relativamente mais abundantes nos cafezais com adubação verde. Este resultado pode indicar que em condições de diversificação de culturas este grupo tenha tido sua atividade mais estimulada. São aptas a realizar modificações nos recursos de outras espécies pela sua atividade mecânica (STORK & EGGLETON, 1992). São capazes de estimular ou inibir microrganismos (JAKUBCZYK et al., 1972) e podem afetar a BMS e a RBS (CRAGG & BARDGETT, 2001).

O grupo Isopoda apresentou correspondência aos solos de cafezais, independente da presença ou não do adubo verde, como também, ao solo florestal. Sua interação com os microrganismos foi mais intensa, o que é ratificado por estudos que comprovam a existência de interação entre esses organismos (ZIMMER & TOPP, 1999). Este grupo pertence a macrofauna saprófaga e estão envolvidos no processo de decomposição (CAMERON & LAPOINT, 1978; HASSALL et al., 1987) e sua nutrição é dependente da atividade dos microrganismos (ZIMMER & TOPP 1997a, b, 1998).

6. CONCLUSÕES

Ensaio 1 – Avelar

1. O verão é a estação mais favorável à macrofauna com os maiores valores de densidade e riqueza;
2. A relação entre fauna e microrganismos variou durante as estações, mas o verão esteve mais associada à macrofauna saprófaga.
3. Oligochaeta está associada ao solo C1 no inverno e na primavera e a C2 e C3 no outono e Isoptera está associado ao solo C3 durante o outono, inverno e primavera; 4. Solo Cps apresenta forte correlação com Formicidae e a floresta é marcada pela presença de macrofauna saprófaga;
5. Solo sob CCC apresenta maior associação à BMS e qMic, apesar da menor densidade e riqueza da macrofauna edáfica;
6. Solos C1, C2 e C3 são mais vulneráveis às condições climáticas de temperatura e precipitação, por isso apresentam padrão diferenciado em relação à época.

Ensaio 2 – Santa Mônica

1. O outono foi a estação mais favorável à macrofauna em Santa Mônica em razão da coleta ter sido processada após o corte do adubo verde, ou seja, houve uma diluição no tempo em seus valores de macrofauna.;
2. A densidade é maior em solo sob floresta e IAV, sendo que a floresta ainda apresentou maior riqueza e o solo sob pastagem apresentou menor densidade e riqueza;
3. A presença do adubo verde favoreceu a maior ocorrência da macrofauna do solo do que simplesmente a cobertura com sua palhada sobre o solo;
4. A associação entre BMS e qMic e macrofauna foi mais intensa quando da presença do grupo isopoda;
5. Orthoptera e Blattodea associaram-se aos tratamentos que receberam adubo verde e Oligochaeta e Chilopoda ao solo sob floresta;
6. As correspondências observadas, apesar da variação, mostram que a presença da matéria orgânica aumenta a população e a ocorrência de espécies saprófagas e predadores.

CONCLUSÕES FINAIS

- A ACP foi importante para a detecção de similaridades e antagonismos entre as variáveis e tratamentos.
- As variáveis pH, Ca+Mg, K, qMic e BMS possuíram maior poder discriminatório.
- O solo sob floresta esteve associado aos teores de H+Al, %N e %C.
- A BMS e o qMic apresentaram forte correlação ao solo sob CCC, quimicamente mais fértil;
- A BMS e o qMic apresentaram maiores valores na primavera, estação do ano de maior precipitação.
- As variáveis microbianas apresentam sazonalidade em seus níveis em função da estação climática.
- A relação entre fauna e microrganismos variou durante as estações, mas o verão esteve mais associada à macrofauna saprófaga.
- Em Avelar o verão foi a estação mais favorável à macrofauna com os maiores valores de densidade e riqueza;
- Oligochaeta esteve associada ao solo C1 no inverno e na primavera e a C2 e C3 no outono e Isoptera esteve associado ao solo C3 durante o outono, inverno e primavera; solo Cps apresentou forte correlação com Formicidae e a floresta foi marcada pela presença de macrofauna saprófaga; solo sob CCC apresentou maior associação à BMS e qMic, apesar da menor densidade e riqueza da macrofauna edáfica; solos C1, C2 e C3 foram mais vulneráveis às condições climáticas de temperatura e precipitação, por isso apresentaram padrão diferenciado em relação à época.
- O outono foi a estação mais favorável à macrofauna em Santa Mônica em razão da coleta ter sido processada após o corte do adubo verde, ou seja, houve uma diluição no tempo em seus valores de macrofauna, enfim, a retirada do adubo verde em Santa Mônica uma semana antes do início das coletas repercutiu sobre, principalmente, a macrofauna e a microbiota, pois sua “diluição” com o tempo foi notável, tornando os tratamentos mais próximos entre si.
- A densidade e a riqueza foram maiores em solo sob floresta, enquanto solo sob pastagem apresentou foi menor;
- Em Santa Mônica, Orthoptera e Blattodea associaram-se aos tratamentos que receberam adubo verde e Oligochaeta e Chilopoda ao solo sob floresta;
- As correspondências observadas, apesar da variação, mostraram que a presença da matéria orgânica aumentou a população e a ocorrência de espécies saprófagas e predadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2001- **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Ed. Agros Comunicação, p.545. 2001.
- ALTIERI, M., 1993. **O Papel Ecológico da Biodiversidade em Agroecossistemas, Alternativas – Cadernos de Agroecologia. Biodiversidade, Edição AS-PTA, p. 1-6.**
- ALVAREZ, R.; DÍAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BALOTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 33, p. 17-18, 1995.
- ALVES, B.J.R.; SANTOS, J.C.F. DOS; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. (Hungria, M.; Araújo, R.S., eds.). EMBRAPA-SPI, Brasília, p. 449-469, 1994.
- ANDERSON J.D.; INGRAM J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993. 171 p
- ANDERSON, J. P. E. Soil moisture and the rates of biodegradation of diallate and triallate. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 13, p. 155-161, 1981.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient(qCO₂) as a specific activity paramenter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.
- ANDERSON, T .H.; DOMSCH, K.H. Carbon assimilation and microbial activity in soil. **Zeitschrift fur Pflanzenernaehrung und Bodenkunde**, v.149, p.457-468, 1986.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. **Soil Biology & Biochemistry**, v.22, p.251-255, 1990.
- ANDERSSON, S.; NILSSON, S.I.; SAETRE, P. Leaching of dissolved organic carbon (DOC) and dissolved organic nitrogen (DON) in mor humus as affected by temperature and pH. **Soil Biology & Biochemistry**, 32:1-10, 2000.
- ANDRADE, D. S.; COLOZZI-FILHO, A.; PAVAN, M. A.; BALOTA, E. L.; CHAVES, J. C. D. Atividade microbiana em função da calagem em um solo cultivado com cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 191-196, 1995.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M. & OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.24:857-865, 2000.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 641-649, 1998.

BARNES, B.T. & ELLIS, F.B. Effects of different methods of cultivation and direct drilling and disposal of straw residues on populations of earthworms. **Journal Soil Science**, 30:669-679, 1979.

BARROS, E.; PASHANASI, B; CONSTANTINO, R. & LAVELLE, P. Effects of land use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia, **Biology Fertility and Soils**, 35:338-347, 2002.

BAYER, C & MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21:235-239, 1997.

BINET, F.; FAYOLLE, L. & PUSSARD, M. Significance of earthworms in stimulating soil microbial activity. **Biology Fertility and Soils**, 27:79-84, 1998.

BLAIR, J.M.; PARMELEE, R.W. & LAVELLE, P. **Influences of earthworm on biogeochemistry**. In: Hendrix, P.F. (ed) Earthworm ecology and biogeography in North America. Lewis, Boca Raton, Fla, p.127-158. 1995.

BOHLEN, P.J. & EDWARDS, C.A. Earthworm effects on N dynamics and soil respiration in microcosms receiving organic and inorganic nutrients. **Soil Biology & Biochemistry**, 27:341-248, 1995.

BRANDÃO, E.M. **Microbiologia do Solo**, Cap.1, p.1-15. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

CAMERON, G.N. & LAPOINT, T.W. Effects of tannins on the decomposition of Chinese tallow leaves by terrestrial and aquatic invertebrates. **Oecologia**, 32:349-366, 1978.

CAMPBELL, C.A. & BIEDERBECK, V.O. Changes in mineral N and numbers of bacteria and actinomycetes during two years under wheat-fallow in southwestern Saskatchewan. **Canadian Journal Soil Science**, Ottawa, 62:125-137, 1982.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; RESENDE, C.E. & SANTOS, G.A. Propriedades químicas de uma cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27:935-944, 2003.

CARDOSO, E.J.B.N. **Ecologia microbiana do solo**. Cap 3, p33-40. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

CARTER, M. R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 7, p. 29-40, 1986.

CARVALHO, M.P., TAKEDA, E.Y. & FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27:695-703, 2003.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 133-142, 1990.

CORSON, W. H. **Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente**. 4. ed. São Paulo: Augustus, 2002. 413p.

CRAGG, R. & BARDGETT, R.D. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. **Soil Biology and Biochemistry**, 33:2073-2081, 2001.

CURI, P.R.; TERADA, L.; BECKERS, P.J. & ALVES, A. Análise multivariada da influência per capita de nutrientes em 44 países, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27(8), p. 1123-1128, 1992.

CZERWINSKI, Z; JAKUBCZYK, H. & PETAL, J. Influence of ant hills on the meadow soils. **Pedobiologia**, 11:277-285, 1971.

D'ANDREA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CUI, N.; SIQUEIRA, J.O. & CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26:913-923, 2002.

DANIEL, O. & ANDERSON, J.M. Microbial biomass and activity in contrasting soil materials after passage through the gut of the earthworm *Lumbricus rubellus* Hoffmeister. **Soil Biology & Biochemistry**, 24:465-470, 1992.

DAUBER, J. & WOLTERS, V. Microbial activity and functional diversity in the mounds of three different ant species. **Soil Biology & Biochemistry**, 32:93-99, 2000.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O., (Ed) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Editora Gênese, cap. 17, p.389-411, 1999.

DÍAZ-RAVIÑA, M.; ACEA, M.J. & CARBALLAS, T. Seasonal changes in microbial biomass and nutrient flush in forest soils. **Biology Fertility and Soils**, v.19:220-226, 1995.

DÖBEREINER, J. **Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas**. Cap 12, p.173-180. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994. p.3-21.

DRINKWATER, L. E., WAGONER, P.; SARRANTONIO, M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. **Nature**, London, v. 396, p. 262-265, 1998.

EDWARDS, C.A. & BOHLEN, P.J. **Biology and ecology of earthworms**, 3rd ed. Chapman and Hall, London. 1996.

EIRA, A.F. **Solubilização microbiana de fosfatos**. Cap18, p.243-256. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 1999. 370p.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A. & FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27:1097-1104, 2003.

FAO - Food and Agriculture Organization. 1981. Agriculture: Horizon 2000. v.23. Développement Economique et Social. **FAO**, Rome.

FEIGL, B. J.; SPARLING, G. P.; ROSS, D. J.; CERRI, C. C. Soil microbial biomass in Amazonian soils: Evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, p. 1467-1472, 1995.

FOWLER, H.G. Ecologia, formigas indicam nível de recuperação de áreas degradadas pela mineração. **Ciência Hoje**, v.4, p.69-71, 1998.

FRAGOSO, C. & LAVELLE, P. **The earthworms community of a Mexican tropical rain forest** (Chajul, Chiapas). In: BONVICINI, A.M.; OMODEO, P. (eds) On earthworms. (Selected symposia and monographs UZI, 2) Mucchi Editore, Modena, Italy, p.281-295, 1987.

FRAGOSO, C.; ROJAS, P. & BROWN, G. **The role of soil macrofauna in the paradigm of tropical soil fertility: some research imperatives**. In: Parte IV. Organismos e processos biológicos do solo. p.421-428. 1999.

FRANCO, A.A. & NEVES, M.C.P. **Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio**. Cap 16, p.219-230. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M. & Neves, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

FRANSLUEBBERS, A.J.; HANEY, R.L.; HONEYCUTT, C.W.; ARSHAD, M.A.; SCHOMBERG, H.H.; HONS, F.M. Climatic influences on active fractions of soil organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**, v.33:1103-1111, 2001.

- GALLO, D. 1988. **Manual de Entomologia Agrícola**. São Paulo. Ed Agronômica, 649p.
- GARAY, I; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A.A.; BARROS, E. & ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 27:705-712, 2003.
- GERALDES, A.P.A.; CERRI, C.C. & FEIGL, B.J. Biomassa microbiana do solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21:361-365, 1997.
- GESTEL, M VAN; MERCKX, R.; VLASSAK, K. Microbial biomass responses to soil drying and rewetting: the fate of fast-and slow growing microorganisms in soils from different climates. **Soil Biology & Biochemistry**, 25:109-123, 1993.
- GODDE, M.; DAVID, M. B.; CHRIST, M. J.; KAUPENJOHANN, M.; VANCE, G. F. Carbon mobilization from the forest floor under red spruce in the northeastern USA. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 28, p. 1181-1189, 1996.
- GRISI, B.; GRACE, C.; BROOKES, P.C.; BENEDETTI, A. & DELL'ABATE, M.T. Temperature effects on organic matter and microbial biomass dynamics in temperate and tropical soils. **Soil Biology & Biochemistry**, 30:1309-1315, 1998.
- GUPTA, S. R.; SINGH, J. S. Soil respiration in a tropical grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 13, p. 261-268, 1981.
- HASSALL, M. TURNER, J.G. & RANDS, M.R.W. Effects of terrestrial isopods on the decomposition of woodland leaf litter. **Oecologia**, 28:597-604, 1987.
- HAUSER, S. Distribution and activity of earthworms and contribution to nutrient recycling in alley cropping. **Biology Fertility and Soils**, 15:16-20, 1993.
- HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H. & SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e material orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 23:145-154, 1999.
- HOMANN, P. S.; GRIGAL, D. F. Below-ground organic carbon and decomposition potencial in a field forest glacial-outwash landscape. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 23, p. 207-214, 1996.
- HOPKIN, S.P. & READ, H.J. **The biology of Miliapodes**. Oxford University Press, Inc., New York, 1992.
- HULUGALLE, N.R. Effects of ant hills on soil physical properties of a vertisol. **Pedobiologia**, 39:34-41, 1995.
- IGUE, K. & PAVAN, M.A. Uso eficiente de adubos orgânicos. In: **Simpósio sobre fertilizantes na Agricultura brasileira**, Brasília. Anais. Brasília: Embrapa-DEP, 1984. p.383-418, 1991 (Embrapa-DEP), 14.

INSAM, H.; MITCHELL, C.C.; DORMAAR, J.F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. **Soil Biology & Biochemistry** v.23, p.459-464, 1991.

JAKUBCZYK, H.; CZERWINSKI, Z. & PETAL, J. Ants as agents of the soil habitat changes. **Ekologia Polska**, 20:153-161, 1972.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil-measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N., (Ed.). **Soil Biochemistry**, New York: Marcel Dekker, 1981. v. 5, p. 415-417.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, v.8, p.209-213, 1976.

JOERGENSEN, R.G.; BROOKES, P. C. & JENKINSON, D.S. Survival of the soil microbial biomass at elevated temperatures. **Soil Biology & Biochemistry**, 22:1129-1136, 1990.

JÚNIOR, M & MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p.1177-1182, 2000.

JÚNIOR, M; MELO, W. J. Carbono, Carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 257-263, 1999.

KHATOUNIAN, C. A. A sustentabilidade e o cultivo de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 199-204, 1997, Suplemento.

KIEFT, T. L.; SOROKER, E.; FIRESTONE, M. K. Microbial biomass response to a rapid increase in water potencial when dry soil is wetted. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 119-126, 1987.

KIMPE, C.R. & WARKENTIN, B.P. Soil functions and the future of natural resources. In BLUME, H.P.; EGER, H.; FLEISHHAUER, E.; HEBEL, A.; REIJ, C. & STEINER, K.G., eds. Towards sustainable land use – Furthering cooperation between people and institutions. **Advances Geoecology**, v.31:3-10, 1998.

LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F.; COLE, C. V. **The potencial of U.S. cropland sequester carbon and mitigate the greenhouse effect**. Sleeping bear Press, Chelsea, MI, 1998. 128 p.

LAURANCE, W.F. Mega-development trends in the Amazon: implications for global change. **Environmental Monitoring Assessment**, 61:113-122, 2000.

LAVELLE, P. **Faunal activies and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystems function**. In: Transactionas of the 15th World Congress of Soil Science. Inaugural and state of the art conferences. ISSS, Acapulco, México. 1994. p.189-220.

LAVELLE, P. Relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: Woormer & Swift. *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. John Wiley & Sons, 1994.

LAVELLE, P. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, p.159-193, 1997.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; PHILIP, I. & HEAL, O.W. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal Soil Biology**, 33:159-193, 1997.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: applications to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v.25, p.130-150, 1993.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A.V.; MARTIN, S. **The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics**. In: SANCHEZ, P.A.; LAL, R. (eds). *Myths and science of soils of the tropics*. (SSSA special publication) SSSA, Madison, Wis. P157-185. 1992.

LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**, 33:283-291. 1989.

LAVELLE, P.; SPAIN, Av. **Soil Ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001, 654p.

LEE, K.E. **Earthworms their ecology and relationships with soils and land use**. Canberra: Academic, 1985. 411p.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27:821-832, 2003.

LIE, T.A. Symbiotic nitrogen fixation under stress conditions. **Plant Soil**, Hague, 1971, p. 117-127. Special volume.

LIMA, D.A.; CORREIA, M.E.F.; SANTOS, H;P.; AQUINO, A.M.; MANTO, L. & FONTANELLI, R.S. **Influência de diferentes sistemas de preparo do solo e rotações de culturas sobre a macrofauna do solo em Passo Fundo**, Rio Grande do Sul. **Fertbio** 2002.

LOQUET, M; BHATNAGAR, T.; BOUCHÉ, M.B.; ROUELLE, J. Essai d'estimation de l'influence écologique des lombriciens sur les microorganismes. **Pedobiologia**, 17:400-417, 1977.

- LUNDEGARDH, H. Carbon dioxide evolution of soil in crop growth. **Soil Science**, Madison, v. 23, p. 417-453, 1927.
- MA, W.C.; BRUSSARD, L. & DERIDDER, J.A. Long term effects of nitrogenous fertilizers on grassland earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae): their relation to soil acidification. **Agriculture Ecosystem Environmental**, 30:71-80, 1990.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University, 1988. 177p.
- MANDO, A. & BRUSSAARD, L. Contribution of termites to the breakdown of straw under Sahelian conditions. **Biology Fertility and Soils**, 29:332-334, 1999.
- MANDO, A. Soil-dwelling termites and mulches improve nutrient release and crop performance on Sahelian crusted soil. **Arid Soil Res Rehabilitation**, 2:153-164, 1998.
- MANSK, Z. **Doenças do cafeeiro**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas cafeeiras, 16. Anais. Espírito Pinto, Santo do Pinhal: Faculdade de Agronomia e Zootecnia: p.61-67. 1990.
- MARTINEZ, A.T. & RAMIREZ, C. Microfungal biomass and number of propagules in an and soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, 10:529-531, 1978.
- MARUMOTO, T.; ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 14, p. 469-475, 1982.
- MAWDSLEY, J. L.; BARDGETT, R. D. Continuous defoliation of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) e white clover (*Trifolium repens*) and associated changes in the composition and activity of the microbial population of an upland grassland soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 24, p. 52-58, 1997.
- MBOUKOU-KIMBATSA, I.M.C.; BERNAHARD-REVERSAT, F.; LOUMETO, J.J. Change in soil macrofauna and vegetation when fast-growing trees are planted on savanna soils. **For Ecology Management**. 110:1-12. 1998.
- MCNEELY, J.A.; MILLER, K.R.; REID, W.B.; MITTERMEIER, R.A. & WERNER, T.B. 1990. **Conserving the world's biodiversity**. World Bank, World Resources Institute IUCN, Conservation International and World Wildlife Fund, Washington, D.C.
- MENDES, A.N.G. & GUIMARÃES, A.F. **Economia cafeeira: O Agribusiness**. Universidade Federal de Lavras - UFLA - FAEPE, Lavras/MG. p. 59. 1997.
- MONIZ, **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 459p.
- MORRISON, D.F. **Multivariate statistical methods**. New York: Mc Graw Hill, 1967. 338p.

MOSIER A. R. Soil processes and global change. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 27, p. 221-229, 1998.

NUUTINEN, V. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. **Soil Tillage Research**, 23:221-239, 1992.

PALM, C.A.; GACHENKO, C.N.; DELVE, R.J.CADISH, G. & GILLER, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of organic resource database. **Argiculture Ecosystem Environment**, 83:27-42, 2001.

PANKRURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKRURST, C.E.; DOUDE, B.M.; GUPT, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Ed.) **Soil biota: Management in sustainable farming systems**. 1994. 262p.

PARMELEE, R.W. Earthworms and enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems: A biocide approach to assess their role in organic matter breakdown. **Biology Fertility and Soils**, 10:10-10, 1990.

PAUL, E. A.; HARRIS, D.; COLLINS, H. P.; SCHULTHESS, U.; ROBERTSON, G. P. Evolution of CO₂ and soil carbon dynamics in biologically managed, row-crop agroecosystems. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 11, p. 53-55, 1999.

PETAL, J. **The role of ants in ecosystems**. In: Brian, M.V. (Ed.), *Production Ecology of Ants and termites*. Cambridge Univesity Press, Cambridge, p. 293-325 (IBP 13). 1978.

PIMENTEL, M.S. Atributos microbianos e edáficos em produção orgânica de olerícolas comparado com pasto e fragmento de mata secundária. **Dissertação de Mestrado em Fitotecnia**. UFRRJ , 2001. 142p.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C., CHRISTENSEN, B. T. Measurement of microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to the straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 159-164, 1987.

SAFFIGNA, P. G.; POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; THOMAS, G.A. Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian vertisol. **Soil Biology & Biochemistry**, v.21, p.759-765, 1989.

SALINAS-GARCIA, J.R.; HONS, F.M.; MATOCHA, J.E. Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, p.152-159, 1997.

SAMPAIO, F.A.R.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M.; JUCKSCH, I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um argissolo amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:1161-1170, 2003.

SANCHES, A.C.; SILVA, AP.; TORMENA, C.A. & RIGOLIN, A.T. Impacto do cultivo de citrus em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.23:91-99, 1999.

SANTOS, A.C.; SILVA, I.F.; LIMA, J.R.S.; ANDRADE, A.P. & CAVALCANTE, V.R. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas de solo, **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 25:1063-

1071, 2001.

SCHEU, S. & WOLTERS, V. Influence of fragmentation and bioturbation on the decomposition of ¹⁴C-labelled beech leaf litter. **Soil Biology & Biochemistry**, 23:1029-

1034, 1991.

SCHEU, S. Automated measurement of the respiratory response of soil microcompartments: active microbial biomass in earthworm faeces. **Soil Biology & Biochemistry**, 24:1113-1118, 1992.

SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 9:249-254, 1985.

SILVEIRA, P.M. & STONE, L.F. Teores de nutrientes e de material orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de prepare do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 25:387-394, 2001.

SOUZA, Z.M. & ALVES, M.C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, p.133-139, 2003.

SPARLING, G. P.; WEST, D. A. W. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

SPOLIDORO, M.L.C.V. Composição e estrutura de um trecho de floresta no Médio Paraíba do Sul, RJ. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Ambientais. 2001. 90p.

STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. efeitos do sistema de prepare e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.25:395-401, 2001.

STORK, N.E. & EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, 7:38-47, 1992.

SWAMINATHAN, M. S. 1983. Our greatest challenge: Feeding the hungry world. p.25-31. In BIXLET, G. & SHEMILT, L. W. (ed) Chemistry and the world food supplies: The new frontiers. Chemrawn II. **Perspectives and recommendations**. Int. Rice Res. Inst., Los Baños, Philippines.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. & ANDERSON, J.M.. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: University of California, 1979. 372p.

TANCK, B.C.B.; SANTOS, H.R. & DIONÍSIO, J.A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do Oligochaeta edáfico *Amyntas* spp. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 24:409-415, 2000.

TATE, K.R.; ROSS, D.J.; FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimate soil microbial carbon. Effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology & Biochemistry**, v.20, p.329-335, 1988.

THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J. & SOUZA, C.A.S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.27, p.1039-1047, 2003.

TIAN, G.; BRUSSARD, L.; KANG, B.T. The role of plant residue with different chemical compositions in sustaining maize production in a subhumid tropical environment. In: BADEJO, M.A.; TOGUN, A.O. (Eds). **Strategies and tactics of sustainable agriculture in the tropics**. Ibadan: College Press; Surulere: Emproct Consultants, v.1. p.68-84 , 1999.

TSAI, S.M.; BARAIBAR, A. V.L. & ROMANI, V.L.M. **Efeito de fatores do solo**. Cap 5, p.59-72. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.

VAN VLIET, P.C.J.; RADCLIFFE, D.E.; HENDRIX, P.F. & COLEMAN, D.C. Hydraulic conductivity and pore size distribution in small microcosm with and without enchytraeids (Oligochaeta). **Applied Soil Ecology**, 9:277-282, 1998.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, v.19, p.703-707, 1987.

VARGAS, L. K; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 35-42, 2000.

WANG, D.; MCSWEENEY, K.; LOWERY, B. & NORMAN, J.M. Nest structure of ant *Lasius neoniger* Emery and its implications to soil modification. **Geoderma**, 66:259-272, 1995.

WARDLE, D.A. & PARKINSON, N.D. Interactions between microbial variables and the soil microbial biomass. **Biology Fertility and Soils**, v.9:272-280, 1990.

WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors wich influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biology Review**, v.67:1627-1637, 1992.

WARDLE, D.A. Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: a global-scale synthesis. **Soil Biology & Biochemistry**, v.30, p.1627-1937, 1998.

WARDLE, D.A. **How soil food webs make plants grow**. TREE 14, p.418-420. 1999.

- WERNER, M.R. & DINDAL, D.L. Earthworm community dynamics in conventional and low-input agroecosystems. **Review Ecology Biology Soil**, 26:427-437, 1989.
- WHALEN, J.K.; PARMELEE, R.W. & EDWARDS, C.A. Population dynamics of earthworm communities in corn agroecosystems receiving organic or inorganic fertilizer amendments. **Biology Fertility and Soils**, 27:400-407, 1998.
- WINDING, A.; RONN, R.; HENDRIKSEN, N.B. Bacteria and protozoa in soil microhabitats as affected by earthworms. **Biology, Fertilizer Soils**, 24:133-140, 1997.
- WOOD, T.D. The agricultural importance of termites in the tropics. **Agriculture Zool Review**, 7:117-146, 1996.
- ZAK, D. R.; PREGITZER, K. S. CURTIS, P. S.; TEERI, J. A.; FOGEL, R.; RANDLETT, D. L. Elevated atmospheric CO₂ and feedback between C and N cycles. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 151, p. 105-117, 1993.
- ZAK, D. R.; TILMAN, D.; PARMENTER, R. R.; RICE, C. W.; FISHER, F. M.; VOSE, J.; MILCHUNAS, D.; MARTIN C. W. Plant production and soil microorganisms in late-successional ecosystems: a continental-scale study. Durham, v. 75, p. 2333-2347, 1994.
- ZAMBOLIM, L.; RIBEIRO DO VALE, F.X.; PEREIRA, A.A. & CHAVES, G.M. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças. In: RIBEIRO DO VALE, F. X.;
- ZAMBOLIM, L. Controle de doenças de plantas: grandes culturas. Viçosa, MG: Departamento de Fitopatologia; Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2: 554. 1997.
- ZHANG, B, LI, G.; SHEN, T.; WANG, J. & SUN, Z. Changes in microbial biomass C, N and P and enzyme activities in soil incubated with the earthworms *Metaphire guillelmi* or *Eisenia fetida*. **Soil Biology & Biochemistry**, 32:2055-2062, 2000.
- ZIMMER, M. & TOPP, W. Does leaf litter quality influence population parameters of the common woodlouse, *Porcellio scaber* Latr., 1804 (Crustacea: Isopoda)? **Biology Fertility and Soils**, 24:435-441, 1997a.
- ZIMMER, M. & TOPP, W. Homeostatic responses in the gut of *Porcellio scaber* (Isopoda: Oniscidae) optimize litter degradation. **Journal Comp. Physiology**, 167:582-585, 1997b.
- ZIMMER, M. & TOPP, W. Microorganisms and cellulose digestion in the gut of *Porcellio scaber* (Isopoda: Oniscidae). **Journal Chemical Ecology**, 24:1397-1408, 1998.
- ZIMMER, M. & TOPP, W. Relationships between woodlice (Isopoda: Oniscidea) and microbial density and activity in the field. **Biology Fertility and Soils**, 30:117-123, 1999.

ANEXOS

Anexo 1. Definições de alguns produtos utilizados:

Agrobio – Agrobio é um biofertilizante líquido fabricado à base de esterco bovino, água, melaço e sais minerais, que são submetidos a um processo de fermentação à temperatura ambiente por 56 dias em recipientes abertos. Este produto tem sido largamente utilizado com sucesso por agricultores orgânicos e convencionais em todo o estado do Rio de Janeiro, no controle de várias enfermidades vegetais em diferentes culturas. Este produto é usado como fertilizante foliar e também como meio de controle de algumas doenças em mudas de hortaliças folhosas, ornamentais e frutíferas em geral. Este produto é obtido através da atividade de microrganismos em sistema aberto, em substrato composto pela mistura de água, esterco bovino fresco, melaço, leite e sais minerais.

Calda de Viçosa – Foi desenvolvida a partir da calda bordalesa pela Universidade Federal de Viçosa. É recomendada para controle de diversas doenças: antracnose em cucurbitáceas; cercosporiose em beterraba e cafeeiro; mancha de alternária e requeima em tomateiro; míldios e manchas foliares em abobrinha, alface, alho, cebola, chicória, couve, cucurbitáceas e podridão de esclerotínia em alface e chicória. Em culturas perenes, também exerce controle satisfatório de doenças de origem fúngica que ocorrem na parte aérea das plantas e por ser complementada com sais minerais (cobre, zinco, magnésio e boro) também funciona como adubo foliar.

Calda sulfocálcica – Resultado de uma reação corretamente balanceada entre o cálcio e o enxofre dissolvidos em água e submetidos à fervura, constituindo uma mistura de polissulfetos de cálcio. Foi preparada pela primeira vez no ano de 1852, por Grison. Além do seu efeito fungicida, exerce ação sobre ácaros, cochonilhas e outros insetos sugadores, têm também ação repelente sobre “brocas” que atacam tecidos lenhosos.

Produto técnico: Deltametrina – Os inseticidas piretróides são compostos sintéticos que apresentam estruturas semelhantes a piretrina, substância existente nas flores do *Chrysanthemum* (Pyrethrum) *cinerariaefolium*. Alguns desses compostos são: aletrina, resmetrina, decametrina, cipermetrina e fenpropanato. Ex.: Decis, Protector, K-Othrine, SBP, Ambush, Fuminset. A alta atividade inseticida dos piretróides possibilita seu emprego em pequenas dosagens, que associada à sua seletividade, tem permitido o aparecimento de novos produtos de origem sintética, inclusive mais estável à luz e menos voláteis que os de origem natural, propiciando sua grande difusão como domissanitários ou para uso na agropecuária. São facilmente absorvidos pelo trato digestivo, pela via respiratória e pela via cutânea. Sendo pouco tóxicos do ponto de vista agudo, são, porém, irritantes para os olhos e mucosas, e principalmente hipersensibilizantes, causando tanto alergias de pele como asma brônquica. Seu uso abusivo nos ambientes domésticos vem causando incremento dos casos de alergia, tanto em crianças como em adultos. Em doses muito altas podem determinar neuropatias.

Produto técnico: Mancozeb – É um fungicida e acaricida, embora proibidos em vários países, são muito usados no Brasil em culturas de tomate e pimentão. Podem causar câncer, mutações e teratogênias. Sua formulação é em pó molhável, sua classe toxicológica é faixa azul – III. É um fungicida orgânico de largo espectro com ação de contato, pertencente ao grupo dos ditiocarbamatos.

Produto técnico: Metamidofós – O Metamidofós é um organofosforado de ação sistêmica que age por contato, ingestão ou de forma sistêmica. Inseticida e acaricida, hoje é comercializado como Classe II, isto é, "altamente tóxico". O registro original era Classe I, "extremamente tóxico", alterado devido a uma Portaria do Ministério da Saúde a partir de 1992. O agrotóxico é produzido pela Bayer. Seu uso é proibido na China e Reino Unido.

Consequências do Metamidofós:

1) Suicídios e

2) Efeitos neurotóxicos provocados por organofosforados, tais como:

a) Síndrome intermediária, onde o sintoma principal é uma paralisia que afeta principalmente os músculos flexores do pescoço, músculos da perna e respiratórios. Acontece também uma diarreia intensa, com perda severa de potássio, complicando ainda mais o quadro de envenenamento, apresentando risco de morte. Os compostos organofosforados comumente envolvidos com a síndrome intermediária são: Fenthion, Dimethoate, Monocrotophos e Metamidophos.

b) Efeitos Comportamentais: Efeitos crônicos sobre o Sistema Nervoso Central, especialmente do tipo neuro-comportamental, como insônia ou sono perturbado, ansiedade, retardo de reações, dificuldade de concentração e uma variedade de seqüelas psiquiátricas: apatia, irritabilidade, depressão, esquizofrenia. O grupo prevalente de sintomas compreende perda de concentração, dificuldade de raciocínio e, especialmente, falhas de memória. Os quadros de depressão também são freqüentes, conforme a Organização Mundial de Saúde.

Anexo 2. Correlações entre as variáveis analisadas em Avelar (Continua).

Variáveis	Observações	Correlação	T	Significância
H+Al ↔ pH	24	-0,0248	-0,1163	0,4543
H+Al ↔ RelCa:Mg	24	-0,5548	-31,277	0,0024
H+Al ↔ Ca+Mg	24	-0,2789	-13,620	0,0935
H+Al ↔ K	24	-0,5746	-32,928	0,0017
H+Al ↔ Na	24	-0,1082	-0,5104	0,3074
H+Al ↔ P	24	-0,0343	-0,1611	0,4367
H+Al ↔ C	24	0,4883	26,244	0,0077
H+Al ↔ N	24	0,5497	30,866	0,0027
H+Al ↔ Dap	24	0,2536	12,298	0,1159
H+Al ↔ Bms	24	0,0146	0,0683	0,4731
H+Al ↔ Rbs	24	0,6191	36,978	0,0006
H+Al ↔ qCO ₂	24	0,4587	24,213	0,0121
H+Al ↔ qMic	24	-0,2427	-11,736	0,1265
pH ↔ RelCa:Mg	24	-0,0225	-0,1054	0,4585
pH ↔ Ca+Mg	24	0,1084	0,5114	0,3071
pH ↔ K	24	-0,1100	-0,5190	0,3045
pH ↔ Na	24	0,1746	0,8315	0,2073
pH ↔ P	24	0,1479	0,7014	0,2452
pH ↔ C	24	-0,0767	-0,3608	0,3608
pH ↔ N	24	0,0110	0,0515	0,4797
pH ↔ Dap	24	-0,2391	-11,548	0,1303
pH ↔ Bms	24	-0,2869	-14,048	0,0870
pH ↔ Rbs	24	0,3127	15,443	0,0684
pH ↔ qCO ₂	24	0,1605	0,7625	0,2269
pH ↔ qMic	24	-0,2885	-14,133	0,0858
RelCa:Mg ↔ Ca+Mg	24	0,8073	64,160	0,0000
RelCa:Mg ↔ K	24	0,8385	72,171	0,0000
RelCa:Mg ↔ Na	24	0,7291	49,965	0,0000
RelCa:Mg ↔ P	24	0,6528	40,422	0,0003
RelCa:Mg ↔ C	24	0,0599	0,2813	0,3906
RelCa:Mg ↔ N	24	0,0362	0,1699	0,4333
RelCa:Mg ↔ Dap	24	0,1586	0,7536	0,2295
RelCa:Mg ↔ Bms	24	0,4805	25,700	0,0087
RelCa:Mg ↔ Rbs	24	-0,2184	-10,497	0,1526
RelCa:Mg ↔ qCO ₂	24	-0,4135	-21,301	0,0223
RelCa:Mg ↔ qMic	24	0,3686	18,601	0,0381
Ca+Mg ↔ K	24	0,7295	50,023	0,0000
Ca+Mg ↔ Na	24	0,8377	71,942	0,0000
Ca+Mg ↔ P	24	0,8467	74,628	0,0000

Anexo 2. Continuação.

Ca+Mg ↔ C	24	0,0781	0,3675	0,3584
Ca+Mg ↔ N	24	0,1352	0,6400	0,2644
Ca+Mg ↔ Dap	24	0,3978	20,334	0,0271
Ca+Mg ↔ Bms	24	0,4794	25,619	0,0089
Ca+Mg ↔ Rbs	24	0,1647	0,7834	0,2209
Ca+Mg ↔ qCO ₂	24	-0,1018	-0,4799	9 0,3180
Ca+Mg ↔ qMic	24	0,2719	13,251	0,0994
K ↔ Na	24	0,5897	34,247	0,0012
K ↔ P	24	0,5844	33,781	0,0014
K ↔ C	24	0,1073	0,5064	0,3088
K ↔ N	24	0,0913	0,4303	0,3356
K ↔ Dap	24	0,2675	13,021	0,1032
K ↔ Bms	24	0,3974	20,315	0,0272
K ↔ Rbs	24	-0,2863	-14,013	0,0875
K ↔ qCO ₂	24	-0,3617	-18,196	0,0412
K ↔ qMic	24	0,2984	14,662	0,0784
Na ↔ P	24	0,9063	100,609	0,0000
Na ↔ C	24	0,2210	10,629	0,1497
Na ↔ N	24	0,2194	10,549	0,1515
Na ↔ Dap	24	0,4210	21,773	0,0202
Na ↔ Bms	24	0,4821	25,807	0,0085
Na ↔ Rbs	24	0,2120	10,175	0,1600
Na ↔ qCO ₂	24	-0,1970	-0,9427	0,1780
Na ↔ qMic	24	0,3178	15,719	0,0651
P ↔ C	24	0,2777	13,556	0,0945
P ↔ N	24	0,2882	14,116	0,0860
P ↔ Dap	24	0,4600	24,299	0,0119
P ↔ Bms	24	0,4383	22,871	0,0161
P ↔ Rbs	24	0,2414	11,667	0,1279
P ↔ qCO ₂	24	-0,1670	-0,7944	0,2177
P ↔ qMic	24	0,1748	0,8327	0,2070
C ↔ N	24	0,9148	106,231	0,0000
C ↔ Dap	24	-0,0033	-0,0155	0,4939
C ↔ Bms	24	0,2581	12,531	0,1117
C ↔ Rbs	24	0,0287	0,1346	0,4471
C ↔ qCO ₂	24	-0,1515	-0,7188	0,2399
C ↔ qMic	24	-0,0728	-0,3425	0,3676
N ↔ Dap	24	0,0001	0,0003	0,5000
N ↔ Bms	24	0,1756	0,8367	0,2059
N ↔ Rbs	24	0,1603	0,7618	0,2271
N ↔ qCO ₂	24	0,0237	0,1114	0,4561
N ↔ qMic	24	-0,1670	-0,7945	0,2177

Anexo 2. Continuação.

Dap ↔ Bms	24	0,3944	20,129	0,0283
Dap ↔ Rbs	24	0,2108	10,115	0,1614
Dap ↔ qCO ₂	24	0,0564	0,2651	0,3967
Dap ↔ qMic	24	0,3121	15,406	0,0688
Bms ↔ Rbs	24	0,0026	0,0121	0,4952
Bms ↔ qCO ₂	24	-0,4848	-25,999	0,0082
Bms ↔ qMic	24	0,8567	77,907	0,0000
Rbs ↔ qCO ₂	24	0,7215	48,873	0,0000
Rbs ↔ qMic	24	-0,2460	-11,905	0,1233
qCO ₂ ↔ qMic	24	-0,5935	-34,586	0,0011

Anexo 3. Correlações entre as variáveis analisadas em Santa Mônica (Continua).

<u>Variáveis</u>	<u>Observações</u>	<u>Correlação</u>	<u>T</u>	<u>Significância</u>
H+Al ↔ pH	24	-0,9224	-112,015	0,0000
H+Al ↔ Na	24	0,2289	11,029	0,1410
H+Al ↔ Ca+Mg	24	-0,9121	-104,338	0,0000
H+Al ↔ K	24	-0,8460	-74,409	0,0000
H+Al ↔ P	24	-0,6884	-44,513	0,0001
H+Al ↔ C	24	0,7404	51,668	0,0000
H+Al ↔ N	24	0,1158	0,5466	0,2951
H+Al ↔ Dap	24	-0,2940	-14,426	0,0816
H+Al ↔ Bms	24	-0,3560	-17,870	0,0439
H+Al ↔ Rbs	24	0,1958	0,9366	0,1796
H+Al ↔ qCO ₂	24	0,4745	25,282	0,0096
H+Al ↔ qMic	24	-0,5482	-30,741	0,0028
pH ↔ Na	24	-0,1543	-0,7326	0,2358
pH ↔ Ca+Mg	24	0,9425	132,229	0,0000
pH ↔ K	24	0,8321	70,369	0,0000
pH ↔ P	24	0,6756	42,986	0,0001
pH ↔ C	24	-0,7665	-55,975	0,0000
pH ↔ N	24	-0,2083	-0,9992	0,1643
pH ↔ Dap	24	0,4336	22,567	0,0171
pH ↔ Bms	24	0,2742	13,373	0,0974
pH ↔ Rbs	24	-0,3070	-15,130	0,0723
pH ↔ qCO ₂	24	-0,4707	-25,023	0,0101
pH ↔ qMic	24	0,4692	24,918	0,0104
Na ↔ Ca+Mg	24	-0,0324	-0,1520	0,4403
Na ↔ K	24	-0,1833	-0,8745	0,1956
Na ↔ P	24	-0,0610	-0,2865	0,3886
Na ↔ C	24	0,3243	16,080	0,0610
Na ↔ N	24	0,1012	0,4771	0,3190
Na ↔ Dap	24	0,1413	0,6696	0,2550
Na ↔ Bms	24	-0,5540	-31,216	0,0025
Na ↔ Rbs	24	0,0944	0,4447	0,3305
Na ↔ qCO ₂	24	0,6656	41,829	0,0002
Na ↔ qMic	24	-0,5614	-31,822	0,0022
Ca+Mg ↔ K	24	0,8935	93,320	0,0000
Ca+Mg ↔ P	24	0,7553	54,059	0,0000
Ca+Mg ↔ C	24	-0,5697	-32,514	0,0018
Ca+Mg ↔ N	24	0,0646	0,3035	0,3822
Ca+Mg ↔ Dap	24	0,2707	13,192	0,1003
<u>Ca+Mg ↔ Bms</u>	<u>24</u>	<u>0,3208</u>	<u>15,885</u>	<u>0,0632</u>

Anexo 3. Continuação.

Ca+Mg ↔ Rbs	24	-0,1501	-0,7119	0,2420
Ca+Mg ↔ qCO ₂	24	-0,4384	-22,882	0,0160
Ca+Mg ↔ qMic	24	0,4598	24,284	0,0119
K ↔ P	24	0,5623	31,893	0,0021
K ↔ C	24	-0,4264	-22,112	0,0189
K ↔ N	24	0,0977	0,4605	0,3248
K ↔ Dap	24	0,1680	0,7994	0,2163
K ↔ Bms	24	0,4217	21,817	0,0201
K ↔ Rbs	24	0,0118	0,0553	0,4782
K ↔ qCO ₂	24	-0,4519	-23,758	0,0133
K ↔ qMic	24	0,5216	28,677	0,0045
P ↔ C	24	-0,4142	-21,343	0,0221
P ↔ N	24	0,2186	10,506	0,1524
P ↔ Dap	24	0,0944	0,4447	0,3305
P ↔ Bms	24	0,3785	19,181	0,0341
P ↔ Rbs	24	-0,0885	-0,4165	0,3405
P ↔ qCO ₂	24	-0,3443	-17,202	0,0497
P ↔ qMic	24	0,4764	25,414	0,0093
C ↔ N	24	0,6224	37,300	0,0006
C ↔ Dap	24	-0,4775	-25,488	0,0092
C ↔ Bms	24	-0,0970	-0,4572	0,3260
C ↔ Rbs	24	0,5191	28,488	0,0047
C ↔ qCO ₂	24	0,3447	17,221	0,0495
C ↔ qMic	24	-0,3850	-19,568	0,0316
N ↔ Dap	24	-0,6756	-42,978	0,0001
N ↔ Bms	24	0,4206	21,745	0,0203
N ↔ Rbs	24	0,6544	40,595	0,0003
N ↔ qCO ₂	24	-0,1461	-0,692	0,247
N ↔ qMic	24	0,1991	0,9531	0,1754
Dap ↔ Bms	24	-0,5025	-27,260	0,0062
Dap ↔ Rbs	24	-0,7008	-46,083	0,0001
Dap ↔ qCO ₂	24	0,0605	0,2841	0,3895
Dap ↔ qMic	24	-0,3244	-16,085	0,0610
Bms ↔ Rbs	24	0,4317	22,449	0,0176
Bms ↔ qCO ₂	24	-0,6564	-40,808	0,0002
Bms ↔ qMic	24	0,9342	122,805	0,0000
Rbs ↔ qCO ₂	24	0,0957	0,4509	0,3282
Rbs ↔ qMic	24	0,2296	11,065	0,1402
<u>qCO₂ ↔ qMic</u>	<u>24</u>	<u>-0,6861</u>	<u>-4,423</u>	<u>0,0001</u>

Anexo 4. Resultado da coleta de macrofauna, em indivíduos por m², na primavera de 2001 em Santa Mônica (tempo zero).

<u>Tratamento</u>	<u>Cav</u>	<u>Csav</u>	<u>Iav</u>	<u>Isav</u>	<u>Pastagem</u>	<u>Floresta</u>
Macrofauna	Ara 5	Ara 1	Ara 4	Ara 3	Col 44	Ara 18
	Bla 1	Chi 1	Col 17	Chi 2	Dip 2	Bla 2
	Col 17	Col 15	Diplo 1	Col 13	For 690	Chi 50
	For 15	Dip 2	For 17	For 23	Het 2	Col 14
	Hym 7	For 271	Het 3	Gas 2	Hym 4	Diplo 36
	Isp 5	Gas 5	Hom 1	Het 1	Isp 164	For 552
	Oli 250	Het 1	Oli 371	Hym 1	Oli 26	Gas 6
		Hym 15		Isd 1		Hom 4
		Oli 343		Oli 249		Isd 4
				Opi 90		Isp 6
						Oli 86
						Thy 10
Total de indivíduos	300	643	414	385	932	788

Ara = Araneae; Bla = Blattaria; Chi = Chilopoda; Col = Coleoptera; Diplo = Diplopoda; For = Formicidae; Gas = Gastropoda; Het = Heteroptera; Hom = Homoptera; Isd = Isopoda; Isp = Isoptera; Oli = Oligochaeta; Opi = opilionidae; Ort = Ortoptera e Thy = Thysanoptera.

Onde: Cav = catuaí com adubação verde; Csav = catuaí sem adubação verde; Iav = icatu com adubação verde e Isav = icatu sem adubação verde.

Anexo 5. Fotos dos experimentos



Foto 1: Cafezal com uma linha de guandu.



Foto 2: Cafezal em pleno sol.



Foto 3: Solo de cafezal consorciado com guandu

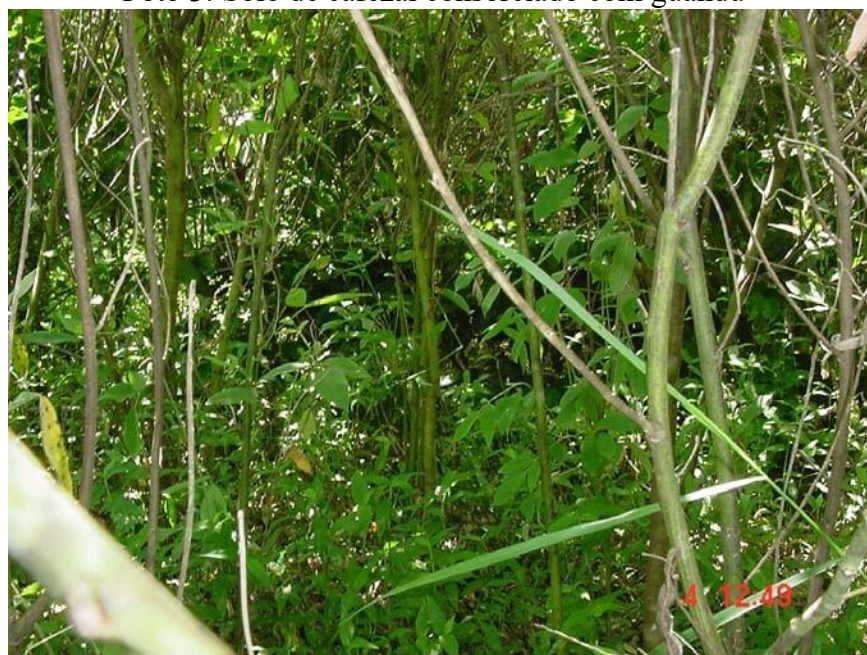


Foto 4: Visual interior da floresta de Santa Mônica.



Foto 5: Visual interno de cafezal consorciado com 2 linhas de guandu.



Foto 6: Solo de cultura de ciclo curto em Avelar.



Foto 7: Coleta de amostras de macrofauna do solo em pastagem.



Foto 8: Coleta de amostras de macrofauna do solo em floresta.



Foto 9: Aspecto geral dos cultivares com crotalária cortada.



Foto 10: Aspecto geral dos cultivares sem crotalária.



Foto 11: Parte do cafezal e pastagem amostrados em Santa Mônica.

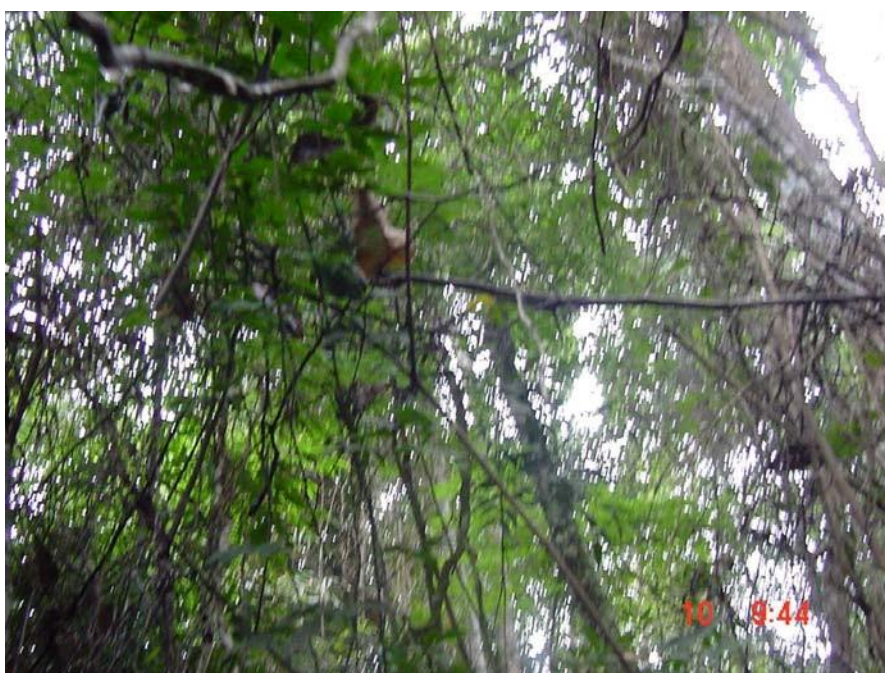


Foto 12: Aspecto superior da floresta em Santa Mônica.