

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DE SOLOS CULTIVADOS COM VIDEIRA NA
REGIÃO DA SERRA GAÚCHA.**

MARCIA MATSUOKA
(Tese de Doutorado)

Porto Alegre, 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DE SOLOS CULTIVADOS COM VIDEIRA NA
REGIÃO DA SERRA GAÚCHA.**

MARCIA MATSUOKA
(Mestre em Agricultura Tropical, UFMT)

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção
do Grau de Doutor em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS), Brasil
Setembro/2006

Dedicada a meus pais Jorge e Devanil
que me ensinaram a amar a vida,
e a Joilmaro Rodrigo, o amor da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-graduação em Ciência do solo pela oportunidade da realização do curso.

A CAPES e CNPq pela concessão de bolsas de estudo.

Ao professor e orientador Pedro Alberto Selbach, por sua orientação, e constante apoio e gentileza.

Aos professores membros da banca examinadora pelas contribuições e ensinamentos.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo e em especial àqueles com quem tive o prazer de compartilhar algumas disciplinas no decorrer do curso.

Ao pesquisador Odôni Loris Pereira de Oliveira e à EMBRAPA Uva e Vinho, por disponibilizar as áreas experimentais, pelo apoio nas coletas e pelo incentivo e interesse pelo trabalho.

Ao professor Enilson Luiz Saccol de Sá pelos bons momentos de conversa e descontração no Laboratório de Microbiologia do Solo.

Aos funcionários Jader Ribeiro Amaro, Adão Luis Ramos da Silva e Luis Antônio da Silveira, por seu auxílio e pela colaboração nas análises ao longo do trabalho.

Às queridas amigas Alejandra, Nilvânia e Andressa, pelo companheirismo, ajuda nos trabalhos da tese e nos momentos especiais da vida.

Aos colegas do Laboratório de Microbiologia do Solo pelo apoio, respeito e deliciosos intervalos regados a café e alegria de estar entre amigos.

Aos meus queridos amigos Júlio e Mariza pela carinhosa acolhida em seu lar e deliciosos churrascos entre família.

Ao meu querido cunhado João Neto, pelas boas conversas, dedicada atenção e parceria total em Porto Alegre.

Aos meus pais, Jorge e Devanil, pelo apoio em todas as decisões de minha vida.

Ao meu querido Joilmaro Rodrigo, pelo carinho, apoio, companheirismo e eterna paixão.

ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DE SOLOS CULTIVADOS COM VIDEIRA NA REGIÃO DA SERRA GAÚCHA. ¹

Autor: Marcia Matsuoka

Orientador: Prof. Dr. Pedro Alberto Selbach

RESUMO

A região da Serra Gaúcha é a maior região vitivinícola do país. O cultivo permanente desses solos, especialmente na forma tradicional em que o terreno sob os parreirais é mantido descoberto, intensifica a sua desestruturação e as perdas por erosão, acarretando modificações físicas, químicas e biológicas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes coberturas verdes no carbono da biomassa microbiana, respiração microbiana e atividade de enzimas em solos cultivados com videira. O trabalho, dividido em dois estudos, foi realizado na Embrapa-CNPUV sobre Cambissolo Háptico eutrófico (Estudo I), na Cooperativa Aurora sobre Cambissolo Húmico distrófico e no Vale dos Vinhedos sobre Neossolo Litólico distrófico (Estudo II). O Estudo I teve como tratamentos espécies nativas espontâneas, aveia preta, mistura de forrageiras e ervilhaca, submetidos a dois sistemas de manejo da cobertura, alternativo (com roçada) e convencional (aplicação de herbicidas). O Estudo II teve como tratamentos aveia preta com e sem preparo mínimo do solo, espécies nativas espontâneas, mistura de forrageiras, e sem cobertura verde (convencional do produtor). Ambos utilizaram uma área sem cultivo de videira e a mata nativa como referências. Foram determinados em amostras de solo o carbono da biomassa microbiana, o carbono orgânico total, a respiração microbiana e a atividade das enzimas β -glucosidase, fosfatase ácida, urease e amidase. Foram também determinados o qCO_2 e $qMic$. Os atributos biológicos do solo foram sensíveis às alterações ocorridas em função do uso de coberturas verdes, do manejo das coberturas, da umidade do solo e dos diferentes tipos de solos. O alto teor de cobre encontrado no Neossolo Litólico cultivado com videira, afetou diferencialmente os atributos biológicos do solo, reduzindo a atividade das enzimas β -glucosidase e urease. A análise conjunta dos atributos biológicos foi adequada para avaliar a qualidade do solo.

¹. Tese de Doutorado em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. (152p) – 2006. Trabalho realizado com apoio financeiro do CNPq.

BIOLOGICAL ATTRIBUTES OF SOILS CULTIVATED WITH GRAPEVINE IN SOUTHEAST OF BRAZIL.¹

Author: Marcia Matsuoka

Adviser: Prof. Dr. Pedro Alberto Selbach

ABSTRACT

The largest vineyards region, called Serra Gaúcha, is located in the South of Brazil. The soils under grapevine exploitation, mainly those without cover crops, have been exposed to severe erosion losses and degradation, and consequently, physical, chemical, and biological properties modification. The objectives of this research were to evaluate the effect of different cover crops on microbial carbon biomass, microbial respiration, and enzymes activity in soils under grapevine crop. Two studies were carried out: Study 1, in soil classified as Cambissolo Háplico eutrófico; and Study 2, in soils classified as Cambissolo Húmico distrófico and Neossolo Litólico distrófico. Concerning Study 1, the treatments were related to different cover crops as native species, black oat, vetch, and a mix of pasture species, submitted to mechanical clearing and herbicide application. Study 2 had the following treatments: black oat seeded with and without minimum preparation of the soil, native species, mix of pasture species, and without cover crops. Both studies used an area without grapevine and native forest as reference. The soil was sampled and determined the microbial biomass carbon, total organic carbon, microbial respiration, and the activity of β -glucosidase, acid phosphatase, urease, and amidase. It was also calculated the metabolic quotient (qCO_2) and the microbial quotient ($qMic$). The soil biological attributes were differentially affected by the cover crops management, by soil moisture, and by the different soils. The activity of enzymes β -glucosidase and urease were reduced by high copper concentration in Neossolo Litólico. The united analysis of the biological attributes was adapted to evaluate the quality of the soil.

¹ Doctoral thesis in Soil Science. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (152 p) ,2006.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	05
2.1. A cultura da videira no Rio Grande do Sul - Aspectos da planta e do cultivo.....	05
2.2. A cultura da videira na Região da Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul – Importância sócio-econômica.....	08
2.3. Indicadores da qualidade do solo.....	09
2.4. Atributos biológicos como indicadores da qualidade do solo. . .	13
2.4.1. Biomassa Microbiana do Solo e Quociente microbiano.....	13
2.4.2. Atividade biológica do solo.....	15
2.4.2.1. Respiração microbiana do solo e Quociente metabólico	15
2.4.2.2. Atividade das enzimas do solo	17
2.5. O manejo do solo e sua influência na comunidade microbiana.....	20
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1. Área de estudo.....	27
4.1.1. Localização.....	27
4.1.2. Clima da região.....	27
4.1.3. Solo.....	29
4.2. Descrição das Áreas do estudo e do manejo dos parreirais	32
4.3. Divisão em estudos	33
4.3.1. Estudo 1 – Atributos biológicos em Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira – Efeito do manejo das coberturas verdes.....	33
4.3.1.1. Local.....	33
4.3.1.2. Delineamento Experimental.....	33
4.3.1.3. Tratamentos.....	33
4.3.1.4. Sistemas de manejo das espécies de cobertura.....	34
4.3.1.5. Tratamentos de referência	34
4.3.2. Estudo 2 – Atributos biológicos em Cambissolo Húmico distrófico e Neossolo Litólico distrófico cultivados com videira – Efeito de diferentes coberturas verdes.....	36

	Página
4.3.2.1. Local.	36
4.3.2.2. Delineamento Experimental.	36
4.3.2.3.	36
Tratamentos.	
4.3.2.4. Tratamentos de referência.	37
4.4. Coleta e preparo das amostras.	40
4.5. Atributos biológicos avaliados.	40
4.5.1. Estudo 1 – Atributos biológicos em Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira – Efeito do manejo das coberturas verdes.. . . .	40
4.5.2. Estudo 2 – Atributos biológicos em Cambissolo Húmico distrófico e Neossolo Litólico distrófico cultivados com videira – Efeito de diferentes coberturas verdes...	41
4.5.3. Carbono da biomassa microbiana...	41
4.5.4. Quociente microbiano...	43
4.5.5. Respiração microbiana.	43
4.5.6. Quociente metabólico.	43
4.5.7. Atividade das enzimas do solo	44
4.5.7.1. β -glucosidase	44
4.5.7.2. Fosfatase ácida	45
4.5.7.3. Urease	45
4.5.7.4. Amidase	46
4.6. Análises químicas do solo.....	46
4.7. Carbono Orgânico Total e Fracionamento do carbono orgânico do solo.....	47
4.8. Análises estatísticas dos resultados	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1. Estudo 1. Atributos biológicos em Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira – Efeito do manejo das coberturas verdes.. . . .	49
5.1.1. Carbono da biomassa microbiana	49
5.1.2. Carbono orgânico do solo	54
5.1.3. Quociente microbiano.	57
5.1.4. Respiração microbiana	59
5.1.5. Quociente metabólico.	61
5.1.6. Atividade das enzimas do solo	63

	Página
5.1.6.1 Atividade da β -glucosidase	63
5.1.6.2. Atividade da fosfatase ácida.	66
5.1.6.3. Atividade da urease e amidase	68
5.1.7. Atributos biológicos do solo e o efeito sazonal.....	71
5.1.8. Representação integrativa dos atributos biológicos do solo . .	72
5.2. Estudo 2. Atributos biológicos em Cambissolo Húmico distrófico e Neossolo Litólico distrófico cultivados com videira – Efeito de diferentes coberturas verdes.	76
5.2.1. Carbono da biomassa microbiana	76
5.2.2. Carbono orgânico do solo	80
5.2.3. Quociente microbiano.	84
5.2.4. Respiração microbiana	86
5.2.5. Quociente metabólico.	88
5.2.6. Atividade das enzimas do solo	90
5.2.6.1 Atividade da β -glucosidase	90
5.2.6.2. Atividade da fosfatase ácida.	93
5.2.6.3. Atividade da urease e amidase	95
5.2.7. Atributos biológicos do solo e o efeito sazonal.....	98
5.2.8. Representação integrativa dos atributos biológicos do solo . .	98
6. CONCLUSÕES	102
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
8. APÊNDICES	118

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
01. Análises químicas e teor de argila de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes e dois manejos das coberturas, solo sem cultivo de videira e mata nativa da região da Serra Gaúcha/RS na camada de 0 a 10 cm (outubro de 2004).....	30
02. Análises químicas e teor de argila de um Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, solo sem cultivo de videira e mata nativa da região da Serra Gaúcha/RS na camada de 0 a 10 cm (outubro de 2004).....	31

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
01. Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar no período de janeiro/2004 a agosto/2005. Estação Meteorológica da Embrapa-Uva e Vinho em Bento Gonçalves, RS.....	28
02. Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar no período de janeiro/2004 a agosto/2005. Estação Meteorológica do Centro Tecnológico da Cooperativa Aurora e Estação Meteorológica Valduga (Vale dos Vinhedos) em Bento Gonçalves, RS.....	28
03. Esquema da área experimental Embrapa.....	35
04. Esquema da área experimental Aurora.....	38
05. Esquema da área experimental Festa.....	39
06. Biomassa microbiana de um Cambissolo Háptico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	50
07. Umidade gravimétrica de um Cambissolo Háptico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas (C=Convencional, A=Alternativo), área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	53
08. Carbono orgânico Total (COT) e suas frações Carbono orgânico particulado (COP) e Carbono orgânico associado a minerais (COM) de um Cambissolo Háptico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	54

	Página
09. Quociente microbiano (qMic) de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	58
10. Respiração microbiana de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	60
11. Quociente metabólico (qCO ₂) de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	62
12. Atividade da enzima β-glucosidase de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	64
13. Atividade da enzima Fosfatase ácida de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	66

	Página
14. Atividade da enzima amidase de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	68
15. Atividade da enzima urease de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	69
16. Representação integrativa (%) dos atributos biológicos de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa como referência na profundidade de 0 a 10 cm. (VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa).....	73
17. Carbono da biomassa microbiana de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	77
18. Carbono orgânico total (COT) e suas frações carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado a minerais (COAM) de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).....	81

19. Quociente microbiano (qMic) de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa)..... 84
20. Respiração microbiana de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa)..... 86
21. Quociente metabólico (qCO₂) de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa)..... 88
22. Atividade da enzima β-glucosidase de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa)..... 91
23. Atividade da enzima fosfatase ácida de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa)..... 93

24. Atividade da enzima amidase de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa)..... 96
25. Atividade da enzima urease de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa)..... 97
26. Representação integrativa (%) dos atributos biológicos de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa como referência na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACP=aveia com preparo de solo; VN= vegetação nativa espontânea; SC= sem cultivo de videira; MN =mata nativa)..... 100

RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
01. Levantamento das espécies de plantas nativas espontâneas usadas como cobertura em Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira. (Embrapa – Bento Gonçalves/RS).....	119
02. Umidade gravimétrica de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois tipos de manejos das coberturas e vegetação nativa, em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm.....	122
03. Umidade gravimétrica de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes e vegetação nativa, em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm.....	123
04. Temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar no período de janeiro de 2004 a agosto de 2005. (Estação meteorológica Embrapa-Uva e Vinho, Bento Gonçalves/RS)....	124
05. Temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar no período de janeiro de 2004 a agosto de 2005. (Estação meteorológica do Centro Tecnológico da Cooperativa Aurora)..	125
06. Temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar no período de janeiro de 2004 a agosto de 2005. (Estação meteorológica Valduga Vale dos Vinhedos).....	126
07. Análise de variância das variáveis carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana (RM), quociente microbiano (qMic) e quociente metabólico (qCO ₂) em Cambissolo Háplico eutrófico em quatro épocas de coleta.....	127
08. Análise de variância das variáveis carbono orgânico total (COT) e suas frações carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado a minerais (COAM) em Cambissolo Háplico eutrófico.....	127
09. Análise de variância das variáveis β-glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease em Cambissolo Háplico eutrófico em três épocas de coleta.....	128

	Página
10. Carbono da biomassa microbiana de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	129
11. Carbono Orgânico Total (COT) e suas frações Carbono Orgânico Particulado (COP) e Carbono Orgânico Associado a Minerais (COAM) de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).	130
12. Quociente microbiano (qMic) de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	131
13. Respiração microbiana de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	132
14. Quociente metabólico (qCO ₂) de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	133
15. Atividade da enzima β-glucosidase de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	134
16. Atividade da enzima fosfatase ácida de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	135

	Página
17. Atividade da enzima amidase de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	136
18. Atividade da enzima urease de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	137
19. Análise de variância das variáveis carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana (RM), quociente microbiano (qMic) e quociente metabólico (qCO ₂) em Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico em quatro épocas de coleta.....	138
20. Análise de variância das variáveis carbono orgânico total (COT) e suas frações carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado a minerais (COAM) em Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico.....	138
21. Análise de variância das variáveis β-glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease em Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico em três épocas de coleta.....	139
22. Carbono da biomassa microbiana de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	140
23. Carbono Orgânico Total (COT) e suas frações Carbono Orgânico Particulado (COP) e Carbono Orgânico Associado a Minerais (COAM) de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	141

	Página
24. Quociente microbiano (qMic) de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	142
25. Respiração microbiana de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	143
26. Quociente metabólico (qCO ₂) de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	144
27. Atividade da enzima β-glucosidase de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	145
28. Atividade da enzima fosfatase ácida de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	146
29. Atividade da enzima amidase de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	147
30. Atividade da enzima urease de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).....	148

	Página
31. Análise de variância das variáveis carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana (RM), β -glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease em Cambissolo Háplico eutrófico, Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico.....	149
32. Produção de matéria seca da parte aérea de espécies de plantas de cobertura em Cambissolo Háplico eutrófico em 2004 e 2005, submetidas a dois manejos das coberturas. (Média de 3 repetições).....	150
33. Produção de matéria seca da parte aérea de espécies de plantas de cobertura em Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico em 2004 e 2005, (Média de 3 repetições).....	150
34. Resultados relativos (%) dos atributos biológicos de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas convencional (C) e alternativo (A), área sem cultivo de videira e mata nativa como referências na profundidade de 0 a 10 cm.	151
35. Resultados relativos (%) dos atributos biológicos de Neossolo Litólico distrófico (N) e Cambissolo Húmico distrófico (C) cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa como referências na profundidade de 0 a 10 cm.....	152

1. INTRODUÇÃO

A região da Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul, conhecida como Serra Gaúcha, é a maior região vitivinícola do país, com cerca de 17.500 estabelecimentos rurais, dos quais mais de 80% pertencem a viticultores distribuídos em 28 municípios da região, representando a maior parte da produção nacional de vinhos (Mello, 2003).

Nesta região a viticultura é uma atividade praticada essencialmente em pequenas propriedades, com média de 15 ha de área total, sendo 40% a 60% de áreas agricultáveis, e destes, em torno de dois hectares são cultivados com videiras. Os vinhedos desta região são pouco mecanizados devido à topografia acidentada com o predomínio do uso da mão-de-obra familiar. Neste contexto, considerando-se que a produção de uvas do Rio Grande do Sul supera 600 mil toneladas por ano, e que mais de 50% dessa produção é de uva destinada à indústria de vinhos, sucos, destilados, que agregam valor ao produto, pode-se ter a dimensão da importância econômica e social dessa atividade. Além disto, por sua alta rentabilidade por unidade de área, atua como agente viabilizador da permanência do homem no meio rural, especialmente nas pequenas propriedades rurais.

As videiras são cultivadas predominantemente em solos rasos, pedregosos e com afloramento de rochas, cuja topografia varia de moderada a severamente ondulada, com declividades que podem chegar a 75%.

O cultivo permanente desses solos, especialmente na forma tradicional, em que o terreno é mantido descoberto, intensifica a desestruturação, causando compactação superficial e redução na taxa de

infiltração de água no solo. Disto resulta o aumento das perdas por erosão, acarretando modificações físicas, químicas e biológicas no solo.

Tais alterações normalmente interferem negativamente no desenvolvimento radicular da planta, com conseqüente diminuição da produção, além de diversas perdas nutricionais e desequilíbrios biológicos percebidos através da morte precoce das plantas, diminuição da vida útil do pomar, surgimento freqüente de pragas e doenças em raízes e parte aérea da planta entre outros.

O questionamento do modelo de desenvolvimento atual tem despertado interesse da comunidade científica em investir esforços no sentido de recuperar e conservar a qualidade dos solos. Desta forma, observa-se uma crescente demanda por ferramentas capazes de avaliar a qualidade dos solos, no intuito de alertar os produtores, técnicos e autoridades competentes sobre os rumos que os sistemas de produção estão tomando e suas conseqüências.

Assim, têm-se buscado manejos que proporcionem a manutenção das características ligadas à qualidade do solo que é uma condição desejável em qualquer sistema agrícola. As estratégias mais adotadas para este fim são a diversificação de culturas, aumento da taxa de cobertura do solo e da menor mobilização do mesmo. Neste sentido, a implantação de coberturas verdes com plantas de cobertura de inverno e espécies nativas espontâneas como proteção contra a erosão é uma prática crescente nas regiões de cultivo de videiras. Esta tem sido uma alternativa economicamente viável para essas áreas, tanto na recuperação de solos já degradados, como na manutenção ou melhoria do sistema de produção e manutenção ou aumento da produção.

De maneira geral, é possível obter informações detalhadas sobre propriedades químicas e físicas do solo, enquanto o aspecto biológico é pouco conhecido. Entretanto, a comunidade biológica do solo apresenta grande importância, tanto pela sua diversidade em espécies, como em suas funções, participando de processos que vão desde a origem do solo, formação e manutenção da sua estrutura, até a decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, biorremediação de poluentes e metais pesados. Devem ser incluídos também os processos de fixação biológica de nitrogênio, relações simbióticas entre plantas e fungos micorrízicos e ação de solubilizadores de fósforo, produtores de fosfatases, entre outros.

Recentemente, tem sido introduzido o conceito de saúde do solo, usado como sinônimo de qualidade do solo, sendo preferido por alguns, por retratar o solo como um sistema vivo e dinâmico, cujas funções são mediadas por uma diversidade de organismos. O entendimento do solo como um corpo vivo significa considerar que todos os processos e componentes estão funcionalmente bem integrados e regulados pela biota do solo. Portanto, essa regulação da biota faz com que esses microrganismos e esses processos sejam naturalmente escolhidos como indicadores da saúde ou qualidade do solo (Jenkinson e Ladd, 1981; Kennedy, 1998).

A principal hipótese deste trabalho é que o carbono da biomassa microbiana e a atividade biológica do solo são atributos que podem indicar alterações devido ao uso de coberturas verdes nos solos cultivados com videira.

A proposta deste estudo vem ao encontro de uma demanda por parte dos produtores, técnicos e sociedade em geral em manter a produção vitícola e paralelamente à necessidade da preservação dos recursos naturais como a água e o solo.

A identificação e o melhor conhecimento de indicadores biológicos em solos é fundamental para incentivar o agricultor que já adota sistemas agrícolas conservacionistas, bem como para alertar aquele que continua utilizando sistemas de manejo que levam à degradação do solo. Além disso, a difusão do conceito de qualidade do solo, tanto entre pesquisadores, como entre agricultores, é um fator importante para o desenvolvimento de aspectos culturais voltados à agricultura.

Ao mesmo tempo, os conhecimentos deste trabalho somarão com outros estudos envolvendo a biomassa microbiana e sua atividade nos solos do Rio Grande do Sul e de outras regiões, sendo importantes subsídios para o melhor entendimento da dinâmica da comunidade microbiana do solo. O aperfeiçoamento e a adequação desses estudos poderão contribuir no estabelecimento de indicadores biológicos com a eficiência e rapidez necessária a futuras análises de rotina com o objetivo de avaliação da qualidade dos solos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do uso de

coberturas verdes nos atributos biológicos de solos cultivados com videiras, e verificar se estes indicadores são capazes de detectar as mudanças que ocorram no solo devido ao uso e manejo dessas coberturas.

Para tanto, dois estudos foram realizados avaliando o comportamento dos atributos biológicos do solo em diferentes épocas do ano, através do carbono da biomassa microbiana, respiração microbiana e atividade das enzimas ligadas aos principais ciclos dos elementos do solo (β -glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease) em diversos tratamentos envolvendo diferentes espécies de plantas de coberturas, os manejos dessas coberturas e diferentes tipos de solos cultivados com videira e sob vegetação nativa na região da Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura da videira no Rio Grande do Sul - Aspectos da planta e do cultivo

A videira é uma planta sarmentosa pertencente ao gênero *Vitis*, principal gênero da família das *Vitaceae* ou *Ampelidaceae*. São mais de sessenta espécies descritas, apresentando ampla capacidade de adaptação, ocorrendo na forma selvagem, tanto em regiões extremamente frias, no Canadá e na Rússia, como em ambientes tropicais da América e da Ásia (Camargo, 2003).

Apesar do grande número de espécies, são poucas as que apresentam valor comercial, destacando-se: *Vitis vinifera*, *Vitis labrusca*, *Vitis bourquina* e *Vitis rotundifolia*. Muitos híbridos, envolvendo estas e outras espécies, são bastante cultivados, seja como porta-enxertos, seja para produção de uvas.

A videira, ao ser explorada economicamente, com raras exceções, deve estar apoiada em algum tipo de suporte, seus ramos são conduzidos e distribuídos em harmonia com o vigor da planta de modo a promover boa captação de energia solar e aproveitamento dos nutrientes em benefício de uma melhor produtividade e qualidade da uva. O sistema de condução latada, também chamado de caramanchão, é o mais utilizado na Serra Gaúcha, RS.

O sistema radicular da videira é ramificado e, quando as condições de solo e clima são favoráveis ao seu desenvolvimento, as raízes atingem uma ampla área. Os ramos da videira, quando novos, recebem a denominação de

brotos. Os brotos apresentam, de distância em distância, uma proeminência denominada nó, onde se localizam as gemas ou olhos. As gemas situam-se na inserção do pecíolo das folhas, e no seu lado oposto podem surgir as gavinhas.

A flor da videira é pequena, de coloração verde-clara, sendo completa ou hermafrodita para a maioria das cultivares. Os dias ensolarados e quentes permitem um rápido desenvolvimento do florescimento e boa fecundação. O fruto da videira é denominado baga. O cacho é formado pelo pedúnculo e pelas ramificações em cujas extremidades estão presas as bagas. Algumas cultivares possuem polpa colorida. No interior destas estão as sementes e, quando não existem sementes, diz-se que a uva é apirena.

O clima possui forte influência sobre a videira, sendo fator importante para definição das potencialidades das regiões frente ao cultivo da uva. Ele interage com o solo, com a variedade e com as técnicas de cultivo e manejo da videira. Embora estes últimos tenham papel preponderante para a produtividade da cultura, é o clima que responde por grande parte da diversidade encontrada nos produtos vitivinícolas, no aspecto qualitativo e de tipicidade.

No Brasil, os tipos de climas ocorrentes nas regiões vitivinícolas são: temperado, subtropical e tropical semi-árido. Segundo Falcade e Mandelli (1999), a região da Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul possui homogeneidade pluviométrica e unidade de domínio do clima mesotérmico do tipo temperado, de inverno frio com ocorrência de geadas e verão ameno, resultado das condições topográficas, da localização geográfica e da dinâmica da circulação atmosférica. No entanto, a unidade climática apresenta variações de caráter térmico, especialmente devido às variações altimétricas e de exposição solar.

A videira é uma cultura que se adapta bem a vários tipos de solos, podendo ser cultivada tanto em solos altamente intemperizados, como em solos jovens com alta capacidade de suprimento de nutrientes. Na região produtora de uva da Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul, foi identificada uma grande diversidade de solos (Falcade e Mandelli, 1999) sendo utilizados para a vitivinicultura.

A grande maioria dos cultivos é feita em solos que apresentam boa fertilidade natural, sendo o fósforo e o boro os elementos mais limitantes, além da profundidade do solo, o que requer cuidados especiais com sua conservação. A prática da fertilização do solo é comum entre os produtores de uva, embora, na maioria dos casos, seja feita sem critérios. Alguns agricultores a fazem de forma empírica ou associada a recomendações feitas pelas empresas revendedoras de fertilizantes. Como resultado, tem-se observado o aumento da concentração de nutrientes nos solos, principalmente fósforo e potássio, e ocorrência de desequilíbrios nutricionais nas plantas.

Na região da Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul, a maioria dos parreirais está estabelecida em áreas com topografia bastante acidentada, o que torna o uso da mecanização bastante restrita. Culturalmente, o cultivo da videira está associado à manutenção de solos limpos embaixo dos parreirais e esta forma de manejo, aliada ao cultivo permanente, tem levado à desestruturação do solo, perdas por erosão e corte das raízes, causando grandes danos à planta e refletindo na sua produção.

Recentemente, esta prática vem sendo substituída pela semeadura de espécies de inverno ou espécies nativas espontâneas, usadas como cobertura do solo. Normalmente, são semeadas após a colheita e queda das folhas da videira. Essas plantas têm um papel fundamental na manutenção das características desejáveis do solo. Dentre os benefícios inclui a redução das perdas de água, a diminuição da erosão do solo, a redução da temperatura do solo e evaporação, o melhor controle de plantas indesejáveis e maiores teores de matéria orgânica no solo. Além de servirem como cobertura, também participam na ciclagem dos nutrientes, evitando perdas dos elementos oriundos da decomposição das folhas da videira.

O uso de plantas de cobertura nos parreirais vem sendo realizado em outras regiões, como no Vale do Submédio São Francisco. Nessas áreas, o consórcio de leguminosas com a videira promoveu melhorias nas características químicas do solo, aumentando os teores de matéria orgânica, Ca trocável e valor da CTC. No entanto, não se verificou efeito consistente sobre a produtividade da videira e qualidade da uva (Faria et al., 2003). O uso

de cobertura verde intercalada com gramíneas e leguminosas não prejudicou a qualidade da uva em vinhedos de São Paulo (Wutke et al., 2004).

A uva é utilizada na alimentação humana de várias formas, podendo ser consumida ao natural, como uva passa ou ainda ser utilizada na elaboração de vinhos, destilados, sucos e doces de diversos tipos. A colheita da uva obedece a determinados critérios, em função do seu destino final. Assim, a uva destinada ao consumo *in natura* deve ser colhida quando atinge determinado teor de açúcar e acidez, expressa em ácido tartárico. A uva destinada à produção de vinho é colhida segundo diferentes critérios, em função do país ou da região de produção, do tipo de vinho a ser elaborado e das condições naturais predominantes numa determinada safra. Esses critérios baseiam-se no fato de a qualidade da uva ser determinante para a qualidade do vinho.

2.2. A cultura da videira na Região da Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul – Importância sócio-econômica

O Rio Grande do Sul é o principal produtor de uvas para processamento do país. No ano de 2004, foram produzidas 1.281.802 t de uvas no Brasil, sendo que o Rio Grande do Sul produziu 696.557 t. Em termos de área plantada, dos 70.531 ha de vinhedos, 40.351 ha, ou seja, 57% da área total do país encontra-se no Estado (IBGE, 2006). Em 2005, a produção de uva no Brasil foi 3% inferior ao ano anterior, sendo produzidas 1.246,071 t (IBGE, 2006). Considerando que a uva para processamento apresenta algumas particularidades, a redução de 12% da quantidade produzida em 2005 no Rio Grande do Sul, embora tenha ocorrido incremento na área plantada de 5%, não representa redução do agronegócio, pois a qualidade da safra gaúcha foi excepcional, resultando na produção de vinhos de qualidade (Mello, 2005).

A viticultura está difundida em 24 microrregiões no Estado, sendo que a região da Serra Gaúcha ocupa 84% da área vitícola. A segunda maior região produtora, a de Guaporé, ocupa 4%. A terceira, a de Vacaria, localizada nos Campos de Cima da Serra, contém 4% da área do Estado e por último, a região da Campanha Central, que representa 2% da área do Estado, onde se localiza o Município de Santana do Livramento, grande produtor de uvas

viníferas (Mello, 2004). Cabe destacar ainda que outras áreas, como a Campanha Meridional e a Serra do Sudeste, estão implementando a produção de uvas viníferas para produção de vinhos de alta qualidade.

Na região da Serra Gaúcha, as propriedades vitivinícolas são tipicamente pequenas, com 15 ha de área total média e em torno de 2 ha de área com vinhedos que empregam, essencialmente, mão-de-obra familiar. A topografia desta região é muito acidentada, impedindo a mecanização do cultivo. Entre as cultivares exploradas destacam-se as americanas e híbridas Isabel, Bordô, Herbemont, Niágara e Concord, e das viníferas, Moscato, Trebbiano, Riesling Itálico, Chardonnay, Cabernet Franc e Cabernet Sauvignon.

Segundo Mello (2003), em um estudo realizado em 1997, a cultura da videira foi uma das atividades que proporcionou maior rentabilidade aos produtores da Serra Gaúcha, sendo a uva a atividade mais competitiva atualmente na região. No entanto, estudando a cadeia produtiva da uva, o mesmo autor, observou que há necessidade de uma maior integração entre os diferentes elos da mesma. Assim, deverão ocorrer importantes ajustes na produção primária para que o produtor passe a produzir uvas de melhor qualidade e se tornar mais competitivo.

2.3. Indicadores da qualidade do solo

A produtividade agrícola, a qualidade dos produtos e a manutenção do ecossistema, bem como o impacto ambiental causado pela agricultura, dependem do manejo dos componentes do sistema produtivo. É cada vez mais difícil conceber a idéia de competitividade econômica dissociada de garantia de qualidade, tanto do produto, quanto do sistema produtivo e do ambiente.

Para Karlen et al. (1997), qualidade do solo é definida como sendo a capacidade desse solo desempenhar a sua função em um ecossistema para suportar plantas e animais, resistir à erosão e reduzir os impactos negativos associados aos recursos água e ar. Segundo Doran e Parkin (1994), a qualidade do solo depende de suas características intrínsecas, de interações com o ecossistema, do uso e manejo e de prioridades sócio-econômicas e políticas.

As práticas e manejos inadequados têm degradado solos em diversas regiões do mundo, reduzindo severamente a qualidade destes e conseqüentemente do ambiente. Portanto, a perda de qualidade do solo, além de comprometer sua função agrícola pela perda de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, torna-o mais suscetível às restrições impostas pelas variações climáticas, afetando diretamente os fatores econômicos da produção. As decisões relativas ao uso da terra e práticas de manejo deveriam considerar, portanto, a manutenção da qualidade do solo (Doran et al., 2000).

Larson e Pierce (1991) sugerem que a qualidade de um solo deve englobar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas de maneira que atenda o meio para o crescimento das plantas, regule a distribuição da água no meio ambiente e atue como um tampão ambiental na formação e degradação de produtos danosos ao ambiente. Esta abordagem leva em consideração não apenas o papel do solo na produção agrícola, mas também a sua participação em funções específicas no ecossistema, das quais depende a sustentabilidade em longo prazo.

As análises sobre a qualidade do solo têm sido baseadas principalmente em investigações sobre as características químicas e físicas deste, uma vez que a porção biológica é mais difícil de ser quantificada. Acreditava-se, por exemplo, que um solo quimicamente rico era um solo com alta qualidade, porque tinha a capacidade de prover a produção agrícola. Entretanto, a percepção de qualidade do solo evoluiu, principalmente nos últimos 10 anos, e, num entendimento mais amplo, percebe-se que não basta apenas o solo apresentar alta fertilidade, mas deve também possuir boa estruturação e abrigar uma alta diversidade de organismos.

Segundo Zilli et al. (2003), a indagação de como avaliar a perda de qualidade de um determinado solo em função do manejo agrícola é antiga, controversa e pertinente. A resposta mais adequada parece ser a utilização de atributos, presentes no agroecossistema, que sejam indicativas do estado de qualidade do solo. De um lado, a análise química do solo, embora muito útil para estimar o potencial produtivo do solo, fornece apenas informações sobre a capacidade do solo em manter a produtividade vegetal. Por outro, alterações nos atributos físicos ou a perda da matéria orgânica do solo podem levar anos

para ocorrer de forma significativa, o que pode revelar tardiamente um estado de degradação do solo (Carter, 1986).

A qualidade do solo, sendo um estado funcional complexo, não pode ser medida diretamente. Assim, devem ser selecionados indicadores. Para a escolha de indicadores para monitorar a qualidade do solo, Stenberg (1999) sintetizou em quatro critérios:

- a) Devem integrar propriedades químicas, físicas e biológicas e representar funções no solo que são difíceis de se medir diretamente.
- b) A relevância ecológica e a variação natural dos indicadores devem ser bem conhecidas.
- c) Devem possibilitar sua medição acurada e precisa por meio de ampla variação de tipos e condições de solo.
- d) Devem ser de determinação simples e de baixo custo, para permitir que grande número de análises possa ser realizado.

De acordo com Dumanski e Pieiri (2000), a base científica que respalda a busca por indicadores de qualidade do solo é a compreensão de que esses indicadores estão direcionados para a avaliação e/ou monitoramento das condições do solo que o tornam um corpo vivo. Assim, significa considerar que todos os seus processos e componentes estão funcionalmente bem integrados.

As práticas de manejo que adicionam ou mantêm carbono orgânico no solo parecem estar entre as mais importantes para restabelecer, manter ou melhorar a qualidade do solo (Karlen et al., 1994). Essa explicação é norteadora para a busca de indicadores de qualidade do solo, pois mostra que os atributos que têm íntima relação com a matéria orgânica têm maior chance de ser adequados para o objetivo em questão.

As avaliações dos atributos biológicos tais como: a atividade das enzimas do solo, a taxa de respiração, a diversidade e a biomassa microbiana, se ajustam à maioria dos critérios para seleção de indicadores de qualidade do solo. Isto deve-se, principalmente, a sua capacidade de responder rapidamente a mudanças derivadas de alterações no manejo e o fato de que a atividade microbiana do solo reflete a influência conjunta de todos os fatores que

regulam a degradação da matéria orgânica e as transformações dos nutrientes (Kennedy e Papendick, 1995).

Os atributos biológicos do solo estão sendo cada vez mais avaliados como indicadores sensíveis de sua qualidade (Garcia et al., 1997a; Murage et al., 2000; Mendes e Vivaldi, 2001; Chaer, 2001; Leonardo, 2003 entre outros). Schmitz (2003), através da avaliação conjunta da biomassa, respiração e atividade enzimática do solo, observou-se que estes atributos mostraram-se adequadas para a quantificação da qualidade do solo e discriminação dos tratamentos de coberturas vegetais estudados.

Tendo em vista que esses indicadores são dinâmicos, eles requerem um monitoramento efetivo e programas que permitam desenvolver bancos de dados apropriados para transferência da tecnologia desenvolvida nos trabalhos científicos.

Um dos obstáculos que devem ser transpostos para avaliar a qualidade do solo é a interpretação dos indicadores de qualidade, ou seja, saber quando é que os valores obtidos indicam um solo de qualidade satisfatória. A qualidade "ideal" para um solo também não é conhecida, e o ideal irá diferir entre os vários tipos de solo e para cada cultura que está ou será estabelecida. Logo, é necessária a determinação de referências que possam servir de base para interpretação e comparação.

Este tema tem sido discutido nos congressos e encontros científicos e alguns avanços têm sido observados quanto à escolha de um critério de referência para avaliação da qualidade biológica do solo. Atualmente, tem sido sugerido adotar como critério de referência as condições prevalecentes em solos que suportam uma vegetação nativa e que tenham sofrido mínimos distúrbios antropogênicos (Pascual et al., 2000).

O uso de um sistema de produção de baixo impacto, que favoreça o aporte de resíduos vegetais ao solo, o pouco ou não revolvimento do mesmo e a utilização de diferentes espécies, que deverão estar aliadas à viabilidade econômica e a uma boa aceitação pelos produtores, pode ser uma alternativa de referência, recomendada para comparação entre sistemas agrícolas. Em caso de solos degradados e em recuperação, a avaliação da vegetação nativa é imprescindível para permitir a comparação dos níveis dos indicadores

biológicos com os destes solos, para o acompanhamento do processo de recuperação ou não dos mesmos.

Além destas discussões, a orientação desta pesquisa coloca uma questão chave que deve ser respondida pelo estudo dos indicadores envolvidos no presente trabalho: O atributo avaliado pode ser considerado como indicadores sensíveis de qualidade do solo?

A seguir, são descritos os atributos biológicos do solo, enfatizando as de natureza microbiológica, que têm sido propostas por diversos autores como mais sensíveis a mudanças quando os solos são submetidos a diferentes tipos de manejo.

2.4. Atributos biológicos como indicadores da qualidade do solo

2.4.1. Biomassa microbiana do solo e Quociente microbiano

A população microbiana é responsável por inúmeras funções no solo, participando efetivamente de importantes processos no sistema solo-planta.

A biomassa microbiana do solo (BMS) é o componente vivo da matéria orgânica do solo, excluindo as raízes e incluindo os organismos como bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna. Constitui parte da fração da matéria orgânica ativa do solo, contendo em média, de 2 a 5% do carbono orgânico (Jenkinson e Ladd, 1981) e de 1 a 5 % do N total do solo (Smith e Paul, 1990).

A BMS atua como agente transformador da matéria orgânica do solo no ciclo dos nutrientes e fluxo de energia, além de constituir uma fonte potencial de N, P, S e outros nutrientes para as plantas. No entanto, as suas quantidade e qualidade estão associadas a diversos fatores intrínsecos e extrínsecos à matriz do solo, como: variação de textura num mesmo tipo de solo, efeito cumulativo do tipo de manejo utilizado, qualidade e quantidade de resíduos produzidos acima e abaixo da superfície do solo, etc.

A manutenção da matéria orgânica do solo é desejável, em razão de inúmeros benefícios sobre o status de nutrientes, capacidade de retenção de água e sobre a estrutura do solo. Entretanto, mudanças graduais e pequenas na matéria orgânica do solo podem ser difíceis de monitorar e detectar em curto prazo (Sparlin, 1992). A BMS, a qual possui uma taxa de formação e

decomposição rápida, tem sido sugerida como uma medida mais sensível às mudanças iniciais do conteúdo de matéria orgânica do solo, quando comparada com parâmetros físicos e químicos (Turco et al., 1994).

Mendes et al. (2002), em um trabalho na região do cerrado, observaram que a biomassa e a atividade enzimática foram eficientes em detectar mudanças que ocorreram no solo em virtude dos sistemas de manejo (sucessões de culturas de cobertura e milho em sistema plantio direto e incorporação em pré-plantio da cultura) que não foram diferenciados pelos teores de matéria orgânica. Assim, mudanças significativas na BMS podem ser detectadas muito antes que alterações na matéria orgânica possam ser percebidas, possibilitando adoções de medidas de correção antes que a perda da qualidade do solo seja mais severa.

Vários trabalhos foram realizados avaliando a biomassa e a atividade microbiana sob diferentes coberturas vegetais (Gama-Rodrigues et al., 1997; Mendes et al., 1999; Santana e Mendes, 2000), comparando sistemas naturais e agrícolas (Maciel et al., 1996; Menezes et al., 1998) e sistemas agroflorestais (Franco et al., 1994; Feigl et al., 1998).

Segundo Tótola e Chaer (2002), a BMS pode ser medida por diferentes métodos, como a observação e contagem direta de células microbianas em microscópio, e análises químicas do teor de substâncias que apresentam correlação com determinadas populações, como ácido murâmico (Miller e Casida, 1970) para bactérias e ergosterol (Newell et al., 1988) para fungos. Análises de processos bioquímicos e de outros componentes das células microbianas como a quantificação de ATP (Jenkinson e Ladd, 1981) e mais usualmente C, N, P e S microbianos (sendo o S o mais incipiente) de solos em ecossistemas agrícolas, pastagens e florestas. Em alguns trabalhos em florestas têm sido realizada a quantificação da biomassa microbiana da serapilheira (Gama-Rodrigues et al., 1997).

Os métodos mais utilizados na determinação da BMS são o da fumigação incubação (FI) (Jenkinson e Powlson, 1976 a e b), o da fumigação extração (FE) (Vance et al., 1987), irradiação e extração (IE) (Islam e Weil, 1998; Ferreira et al., 1999) e o da respiração induzida pelo substrato (RIS) (Anderson e Domsch, 1978).

Vários trabalhos na literatura têm comparado a eficiência dos métodos de determinações de biomassa microbiana (Sparlin e Zhu, 1993; Gama-Rodrigues et al., 1994; Feigl et al., 1995; Oliveira et al., 2001; Andréa e Moreno Hollweg, 2004). Cada um destes métodos apresenta vantagens e desvantagens específicas na sua utilização, sendo interessante sempre que possível, a realização de um teste prévio para escolha do melhor método para estudos de biomassa microbiana.

Apesar da biomassa microbiana fornecer informações importantes para o entendimento da ciclagem de nutrientes do solo, a quantidade absoluta de biomassa a qualquer tempo não permite indicar se a qualidade da matéria orgânica do solo está aumentando ou decrescendo. Para tanto, a BMS pode ser comparada com uma variável relativa como o quociente microbiano (qMIC) que fornece uma medida da quantidade de biomassa viva presente na matéria orgânica do solo.

A relação entre o C microbiano e o C orgânico ($(CM/CO)/100$), também denominada quociente microbiano (qMIC), expressa a quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana (Silva, 2001), sendo uma medida da qualidade nutricional da matéria orgânica (Gama-Rodrigues 1999).

Segundo Wardle et al. (1994), em circunstâncias em que a BMS encontra-se sob algum fator de estresse, a capacidade de utilização do C orgânico é diminuída. Nesse caso, o qMIC diminui. Ao contrário, com a adição de matéria orgânica ou com a mudança do fator limitante para uma condição favorável, a biomassa pode aumentar rapidamente, mesmo se os teores de C orgânico permanecerem inalterados.

Papendik et al. (1992) explicam que índices microbiológicos baseados em mais de um parâmetro podem ser capazes de discriminar o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre a qualidade do solo e, dessa forma, os autores apontam o quociente microbiano como sendo um indicador adequado para tais comparações.

2.4.2. Atividade biológica do solo

2.4.2.1. Respiração microbiana do solo e Quociente metabólico

As determinações da BMS não fornecem indicações sobre os níveis de atividade das populações microbianas do solo. Daí a importância das

variáveis que medem a atividade microbiana para avaliar o estado metabólico das comunidades dos microrganismos do solo.

A atividade dos organismos é geralmente medida em termos metabólicos, através de indicadores como CO_2 liberado, O_2 absorvido, atividades de enzimas, nitrogênio, fósforo e enxofre mineralizados (Grisi, 1995).

A respiração microbiana representa a respiração proveniente da atividade das bactérias, fungos, algas e protozoários no solo e, incluindo as trocas gasosas que resultam de ambos os metabolismos aeróbio e anaeróbio (Anderson, 1982). A respiração microbiana pode ser mensurada no campo, sob condições naturais, ou em laboratório. Nas condições de laboratório, a respiração tem sido usada em estudos sobre a influência de diversos atributos físicos do solo como umidade, temperatura e aeração sobre a mineralização da matéria orgânica do solo.

A atividade dos organismos no solo é considerada uma característica positiva para a qualidade do solo, sendo a respiração um indicador sensível da decomposição de resíduos. No entanto, de acordo com Totola e Chaer (2002), a interpretação de seus valores deve ser realizada com cautela. Uma alta taxa de respiração pode ser uma característica desejável considerando-se que ela é um sinal de rápida decomposição de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis para as plantas. Entretanto, a decomposição da matéria orgânica estável é desfavorável para muitos processos químicos e físicos do solo, como a agregação, a capacidade de troca de cátions e a outras associadas a estas, como a capacidade de retenção de água.

Assim, uma variável de interpretação mais adequada é a taxa de respiração por unidade de biomassa microbiana, ou quociente metabólico ($q\text{CO}_2$).

O $q\text{CO}_2$ é calculado pela relação entre a quantidade de CO_2 desprendido da amostra de solo incubada e a quantidade de biomassa microbiana. Esse quociente tem sido apontado como um indicador do estresse microbiano. De uma forma geral, um baixo $q\text{CO}_2$ reflete um ambiente mais estável, ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio. Nesse sentido, Castillo e Joergensen (2001), em solos da Nicarágua sob cultivo ecológico

(fertilizantes orgânicos, rotação de culturas, cobertura de solo, não uso de pesticidas) e convencional (fertilizantes mineral, aração profunda, uso de pesticidas), observaram aumentos significativos na respiração basal, C da biomassa microbiana e biomassa de ergosterol e redução do qCO_2 no cultivo ecológico.

O uso do qCO_2 tem limitações, pois confunde os efeitos de estresse ou condições desfavoráveis, com fatores de perturbação. O monitoramento da biomassa e respiração microbiana do solo ao longo do tempo seja, talvez, a melhor forma de atenuar esses problemas de interpretação.

Deve-se levar em consideração que apenas 15 a 30% da biomassa microbiana do solo é catabolicamente ativa e que o restante dos microrganismos do solo ocorre em formas latentes ou inativas, com baixa atividade metabólica, o que pode causar dificuldades adicionais na interpretação dos resultados do qCO_2 , já que em seu cálculo é levado em conta o teor total de carbono da biomassa microbiana do solo.

Assim, o entendimento do solo como um corpo vivo significa considerar que todos os seus processos e componentes estão funcionalmente bem integrados, sendo expressos e regulados pela biota do solo. Portanto, tanto os valores absolutos de BMS e RM, como os índices qCO_2 e $qMIC$ seriam potenciais indicadores da qualidade do solo.

2.4.2.2. Atividade das enzimas do solo

A atividade biológica do solo transforma-o em um grande incinerador biológico capaz de decompor, através da ação enzimática, os componentes da matéria orgânica e outros compostos orgânicos depositados no solo, resultando em compostos simples.

As enzimas estão associadas à vida das células metabolicamente ativas. São originadas em sua maioria, dos microrganismos, sendo também produzidas por animais e plantas, possuindo grande dependência do pH, ambiente iônico, temperatura e presença de inibidores e ativadores no solo (Tabatabai, 1994).

As enzimas isoladas do solo geralmente são caracterizadas pela alta estabilidade térmica, por serem mais resistentes aos ataques de proteases e pelo comportamento cinético com menor V_{max} e maior K_m , o que lhes confere

uma menor eficiência catalítica e reduzida afinidade com o substrato (Burns, 1978).

A atividade enzimática do solo resulta da atividade das enzimas abiômicas e enzimas endocelulares presentes em células em crescimento. As enzimas abiômicas podem ser extracelulares secretadas de organismos vivos, e são responsáveis pela quebra de moléculas de elevado peso molecular, ou enzimas acumuladas consideradas ativas em um solo no qual não está ocorrendo crescimento microbiano. As enzimas acumuladas podem estar associadas com componentes microbianos como células dormentes, células mortas e restos celulares ou não associadas a componentes celulares como as enzimas endocelulares de células rompidas ou ainda as extracelulares livres ou associadas com outros componentes do solo.

Enzimas recém produzidas extracelularmente por células vivas ou liberadas de células recém mortas, normalmente têm altos níveis de atividade no solo. Na ausência de novas sínteses, as concentrações destas enzimas podem diminuir rapidamente, devido à vulnerabilidade à hidrólises por proteinases microbianas ou reações com argila e colóides do solo (Burns, 1986). Estas enzimas livres, quando formam complexos com colóides húmicos e são estabilizadas na superfície de partículas de argila ou de matéria orgânica (Body e Mortland, 1990), podem manter-se ativas por tempos variáveis.

As enzimas mais estudadas são as hidrolases e oxidoredutases, devido ao seu envolvimento em processos de degradação da matéria orgânica e liberação de nutrientes. Já as liases são importantes em processos de síntese de matéria orgânica (Moreira e Siqueira, 2002). Certas enzimas são encontradas em quase todos os solos, como a urease, catalase e fosfatase. Outras são produzidas no solo somente sob circunstâncias especiais, como por exemplo, a desidrogenase (Cerri et al., 1992).

A escolha das enzimas a serem analisadas baseia-se na sua sensibilidade ao manejo do solo, na decomposição da matéria orgânica e na simplicidade da análise. As enzimas mais comumente analisadas são aquelas ligadas aos ciclos dos principais elementos do solo como C, N, P e S.

As glucosidases podem ser encontradas em plantas, animais e microrganismos, catalisam reações de hidrólise de maltose e celobiose, cujos

produtos são importantes fontes de energia para os microrganismos do solo (Tabatabai, 1994).

As ureases e amidases participam do ciclo do N, contribuindo para a liberação de N-inorgânico. A urease catalisa a hidrólise da uréia a CO_2 e NH_3 , é amplamente distribuída na natureza e foi detectada em microrganismos, plantas e animais. A amidase age sobre as ligações C-N não peptídicas, liberando NH_4 de amidas lineares. Ocorrem amplamente distribuídas em solos, plantas, fungos e fermentos (Dick et al., 1996).

A arilsulfatase libera SO_4^- para as plantas de vários ésteres de sulfato orgânicos. Já as fosfatases ácidas e alcalinas, são responsáveis pela hidrólise de ésteres e anidridos de H_3PO_4 , com subsequente liberação de P-inorgânico. Os microrganismos e as plantas são responsáveis pela produção das fosfatases ácidas, enquanto as alcalinas são produzidas somente por microrganismos. As denominações “ácidas” e “alcalinas” referem-se à faixa ótima de pH nas quais essas enzimas atuam (Tabatabai, 1994).

A atividade da maioria das enzimas do solo é analisada em amostras nas quais a proliferação de microrganismos é impedida pela adição de agentes químicos (tolueno, fenol, acetona, clorofórmio, entre outros) e físicos (calor, radiação ionizante). A atividade de enzimas determinada sob estas condições é devida às enzimas acumuladas (Kiss et al., 1975).

Os procedimentos para determinação dessas enzimas são relativamente simples. Em geral, prescrevem o emprego de uma solução tamponada contendo o substrato da enzima para ser misturada ao solo, sendo a mistura incubada sob condições padronizadas para a enzima por um determinado período, sendo o produto formado quantificado por método colorimétrico. Entre os fatores importantes na determinação da atividade de enzimas do solo estão o preparo das amostras e o armazenamento, assim como o pH, temperatura, tempo de incubação e concentração do substrato.

A maioria das enzimas do solo apresenta flutuações temporais da sua atividade ao longo do ano em função das condições climáticas e de seus respectivos efeitos sobre a atividade biológica do solo. Bergstrom et al. (1998), observaram o efeito de variações climáticas em seis enzimas analisadas, sendo a fosfatase aquela mais fortemente afetada. Estas flutuações temporais costumam estar associadas, principalmente, a diferenças de umidade do solo.

Mendes e Vivaldi (2001), na região do Distrito Federal em solos de Mata de Galeria e Cerradão, encontraram valores de atividade das enzimas β -glucosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase na profundidade de 0 a 5 cm duas vezes superiores na época chuvosa em relação aos coletados na época seca.

Pelo fato das enzimas participarem dos ciclos dos elementos e serem sintetizadas principalmente pelos organismos do solo, as condições que favorecem a atividade microbiana como adubação orgânica, rotação de culturas, presença de vegetação e seu efeito rizosférico, devido à produção das mesmas pelas próprias raízes e pela microbiota a elas associada, também favorece a atividade das enzimas.

Como as enzimas são proteínas que freqüentemente são adsorvidas nos colóides orgânicos e inorgânicos do solo, refletem essa adsorção, não se correlacionando diretamente à biomassa microbiana total do solo (Paul e Clark, 1996). Além disso, segundo Lynch (1986), é conhecido que uma parte da atividade enzimática seja independente de células vivas, pois o tratamento de esterilização ou inibição dos microrganismos geralmente os destrói sem suprimir a atividade enzimática.

Atualmente, um dos desafios da microbiologia do solo é demonstrar a relação entre níveis de atividade biológica deste e o funcionamento sustentável do ecossistema. Nesse sentido, conhecer o impacto dos sistemas de cultivo sobre a biota do solo pode ser um dos caminhos para a definição de alternativas sustentáveis de manejo dos agrossistemas.

2.5. O manejo do solo e sua influência na comunidade microbiana

Os diferentes sistemas de manejo do solo, assim como os atributos edáficos e ambientais, podem determinar alterações qualitativas e quantitativas nos microrganismos e sua atividade, afetando a estabilidade e a resiliência do solo. Isto ocorre, porque o conjunto de práticas agrícolas utilizadas em cada agrossistema condiciona o sistema solo-planta a uma dinâmica própria que pode influenciar a composição, a atividade e a biomassa das populações microbianas.

Alterações nos teores de matéria orgânica também atuam sobre as propriedades do solo. O rápido declínio verificado na agregação dos solos

virgens, quando são cultivados, é devido à redução da matéria orgânica e à ruptura das hifas e raízes que atuam ativamente na estabilidade dos macroagregados. Este declínio é mais pronunciado, quando os restos culturais são queimados ou removidos, seja mecanicamente ou pela erosão do solo.

Mendes et al. (2003), avaliando a distribuição da biomassa microbiana, atividade enzimática e do C mineralizável, em macro e microagregados em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, concluíram que o estabelecimento dos sistemas de cultivo gerou quebra de macroagregados e perdas do carbono da biomassa microbiana, em relação a áreas sob vegetação nativa. E ainda, que a maior atividade da fosfatase ácida, arilsulfatase e β -glucosidase ocorreram nos agregados do plantio direto em relação ao convencional.

Em adição, Cattelan e Vidor (1990), em um estudo realizado em Eldorado do Sul/RS, com amostras de solo coletadas em um experimento de campo de longa duração com diferentes sistemas de cultivo, observaram que os sistemas com maior produção vegetal e grande acúmulo de resíduos na superfície do solo, apresentaram as maiores populações bacterianas na camada de 0-5cm e ainda, que o solo descoberto apresentou a menor população microbiana e a maior produção de endósporos na população bacteriana (22%), refletindo as condições adversas deste sistema para o desenvolvimento microbiano.

Modificações nas práticas de cultivo, especialmente naquelas relacionadas ao manejo dos restos culturais e rotação de culturas envolvendo gramíneas com abundante sistema radicular, podem por si só, representar melhorias consideráveis na estabilidade dos agregados dos solos agrícolas. Isto representa melhorias nas condições de crescimento, na produção das plantas e redução na erosão dos solos cultivados, diminuindo o impacto da agricultura sobre o meio ambiente.

D'Andréa et al. (2002), em um estudo dos atributos biológicos (biomassa microbiana, respiração e quociente metabólico) como indicadores de qualidade do solo na região sul do estado de Goiás, observaram que a adoção dos sistemas agrícolas e de pastagens reduziu os teores do carbono microbiano na camada superficial em relação ao cerrado nativo. Essa redução

foi menor no sistema pastagem e maior no plantio convencional de longa duração.

Em outro estudo, Kushwaha et al. (2000), em solos da Índia, sob seis combinações de manejos, observaram que altos níveis de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana foram obtidos no cultivo mínimo com a manutenção dos resíduos e, ao contrário, menores valores ocorreram sob manejo convencional e com a remoção dos resíduos culturais. Segundo estes autores, essas práticas de manejo combinadas possibilitam mais vantagens em aumentar os níveis de fertilidade do solo.

O manejo da cobertura do solo provoca modificações em seu ambiente, protegendo-o contra erosão, variações térmicas de grande amplitude, inibindo o crescimento de ervas daninhas e possibilitando a incorporação de matéria orgânica, contribuindo com a melhoria da fertilidade natural do solo e, conseqüentemente, provocando modificações na comunidade microbiana.

A influência da cobertura na biologia do solo tem sido avaliada por seus efeitos globais em processos biológicos de liberação do CO₂, mineralização do N, populações e biomassa microbiana. Em um experimento de longa duração a campo, com adubação verde em cafeeiro com leguminosas de verão, foi observada a ocorrência de maior atividade microbiana (respiração), biomassa de carbono e biomassa de nitrogênio, em cafeeiro cultivado com leguminosas na entrelinha (Colozzi-Filho et al., 2000).

O manejo inadequado altera os processos do solo tendo reflexos na nos atributos do solo e podendo culminar com a degradação do mesmo. Esta abordagem leva em consideração não apenas o papel do solo na produção agrícola, mas também na sua participação em funções específicas no ecossistema, das quais depende a sua manutenção em longo prazo.

A elevação dos teores de metais pesados no solo é uma tendência crescente e muito preocupante, pelos problemas que causa ao solo, ao ambiente e ao próprio homem. Metais pesados adicionados ao solo através de diversas atividades antrópicas (agrícolas, industriais, mineradoras) têm efeitos prejudiciais na microbiota. Por exemplo, o número de bactérias, fungos, actinomicetos e a biomassa microbiana foram bastante reduzidos, enquanto os valores do qCO₂ elevaram-se, em solo com contaminação de Zn, Cu e Cd (Dias Júnior et al., 1998). Em outro trabalho, Paoletti et al. (1998), estudando a

comunidade de minhocas em agroecossistemas incluindo vinhedos e pomares de maçã, pêssigo e kiwi, não observaram diferenças em relação aos microrganismos avaliados, porém encontraram reduções no número e na biomassa de minhocas devido ao manejo e resíduos dos fungicidas a base de cobre e zinco.

Os microrganismos são influenciados de modo diferenciado pelos metais, assim como os processos por eles mediados, sendo muito difícil estabelecer concentrações críticas dos metais para inibir as principais funções ecológicas e as transformações dos elementos no solo. Além disso, outros fatores como teor de matéria orgânica, argila, composição mineralógica, pH e outras características do solo, têm forte influência sobre o comportamento desses elementos.

Alguns estudos comparativos fornecem resultados, apesar de bastante variáveis, que indicam concentrações de metal no solo acima das quais ocorre inibição de alguns processos. Como exemplos, teores de 100 mg de Cu kg⁻¹ solo inibiram a respiração, amonificação e nitrificação, bem como teores de 100, 200 e 200 para Cr, 1, 10 e 10 para Hg e 100, 500 e 500 mg kg⁻¹ solo para Pb, também inibiram os mesmos processos acima referidos (Doelman, 1985).

Algumas medidas de atividades enzimáticas têm sido utilizadas para estudar efeitos dos metais pesados nos solos. Correlações negativas geralmente existem entre as atividades enzimáticas e o conteúdo de metais, especialmente, Cu, Pb e Zn. No entanto, o grau de inibição varia com o solo, a concentração e a forma de adição do elemento e a enzima estudada. Um exemplo pode ser observado em Kandeler et al., (1996). Nesse trabalho, a β -glucosidase foi pouco afetada pela elevação na concentração de metais pesados no solo, entretanto, a fosfatase ácida, desidrogenase, arilsulfatase e urease sofreram grande inibição. Do mesmo modo, Trasar-Cepeda et al. (2000), em solo poluído, verificaram que o grau de inibição para atividade das enzimas em relação ao controle foi entre 37 a 260% para as fosfomonoesterases, entre 16 e 250% para β -glucosidase, entre 28 e 194% para a urease e entre 24 e 251% para a desidrogenase.

No entanto, deve-se tomar muito cuidado ao avaliar o impacto da contaminação por metais pesados sobre a qualidade biológica do solo. Em

geral, a atividade biológica é pouco afetada até o ponto em que as concentrações são consideradas críticas no solo, e acima destas, ocorre redução linear da atividade biológica. Além disso, como já foi discutido anteriormente, outros fatores do solo podem interferir nesse comportamento, sendo necessária, portanto, a avaliação de um conjunto de atributos para o melhor entendimento dessas relações no solo.

Os solos em recuperação, através do cultivo de espécies vegetais fixadoras de nitrogênio e produtoras de grande quantidade de resíduos, promovem também a recuperação da população microbiana em solo degradado. Além disso, alternativas de manejo que aumentem a diversidade e atividade biológica devem ser preferencialmente adotadas, visando maximizar a contribuição dos microrganismos nos solos agrícolas.

Diante dos conhecimentos atuais, o uso dos atributos biológicos como indicadores da qualidade do solo tem avançado significativamente. Isso porque tem se tornado consenso o entendimento do solo como um corpo vivo, cujos processos e componentes estão funcionalmente bem integrados, sendo expressos e regulados pela biota do solo.

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

A qualidade biológica de um solo cultivado com videira submetido a diferentes coberturas verdes pode ser avaliada pelo carbono da biomassa microbiana e a atividade biológica do solo.

Variações climáticas ocorridas ao longo do ano podem influenciar os atributos biológicos do solo e sua sensibilidade em identificar alterações devido ao uso de coberturas verdes e seu manejo em relação a solos sem cultivo de videira e sob vegetação nativa.

Objetivo Geral

Avaliar o efeito de diferentes coberturas verdes no carbono da biomassa microbiana, respiração microbiana e atividade das enzimas em solos cultivados com videira.

Objetivos Específicos

Estudo 1 – Atributos biológicos em Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira – Efeito do uso e manejo das coberturas verdes.

Verificar a sensibilidade dos atributos biológicos em identificar as alterações ocorridas no solo cultivado com videira em função, do uso e manejo das coberturas verdes e das variações climáticas em relação a solos sob vegetação nativa.

Estudo 2 - Atributos biológicos em Cambissolo Húmico distrófico e Neossolo Litólico distrófico cultivados com videira – Efeito de diferentes coberturas verdes.

Avaliar o uso dos atributos biológicos como indicadores das alterações ocorridas em dois solos cultivados com videira e vegetação nativa em função do uso de coberturas verdes, das variações climáticas e de suas características químicas e físicas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

4.1.1. Localização

O trabalho foi realizado em três áreas cultivadas com videira, pertencentes ao Projeto “Manejo da cobertura do solo em videiras visando a preservação ambiental e a melhoria na produção e qualidade da uva”, localizadas na Encosta Superior do Nordeste do Rio Grande do Sul na região denominada Serra Gaúcha. O Projeto tem parceria da Embrapa Uva e Vinho com a Cooperativa Vinícola Aurora Ltda., com recursos financeiros da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

A área, denominada neste estudo como “Embrapa”, encontra-se na sede do Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, em Bento Gonçalves, a 29° 09’ 42”S de latitude e 51° 32’ 18”W de longitude e 569 m de altitude. A segunda área, denominada “Aurora”, localiza-se no Centro Tecnológico da Cooperativa Aurora no distrito de Pinto Bandeira, a 29° 07’ 23”S de latitude e 51° 26’ 53”W de longitude e 706 m de altitude. A terceira área de estudo, encontra-se na propriedade rural do Sr. Ivo Festa no distrito do Vale dos Vinhedos, sendo denominada “Festa”, a 29° 11’ 03”S de latitude e 51° 32’ 50”W de longitude e 567 m de altitude.

4.1.2. Clima da região

O clima da região é do tipo Cfb (Köppen, 1948), subtropical, com chuvas bem distribuídas no ano e verões amenos. As temperaturas médias

anuais mínimas e máximas da região são de 13,2°C e 23,8°C, respectivamente, com temperatura média anual de 17,6°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.793 mm (Falcade e Mandelli, 1999).

Nas Figuras 01 e 02 encontram-se os dados de temperatura e precipitação pluviométrica no período de janeiro de 2004 a agosto de 2005 das áreas Embrapa e Aurora e da região do Vale dos Vinhedos, onde se encontra localizada a área Festa.

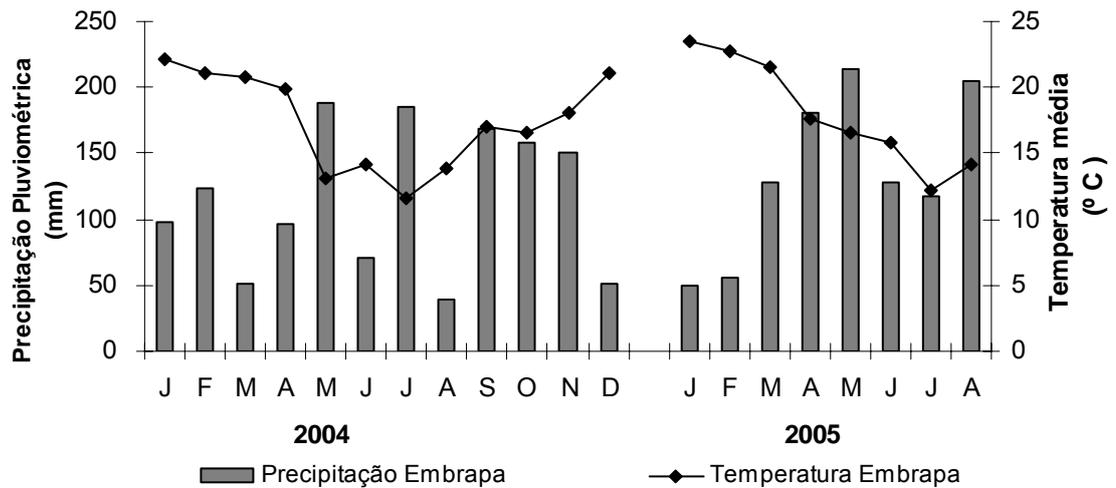


FIGURA 01. Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar no período de janeiro/2004 a agosto/2005. Estação Meteorológica da Embrapa-Uva e Vinho, em Bento Gonçalves, RS.

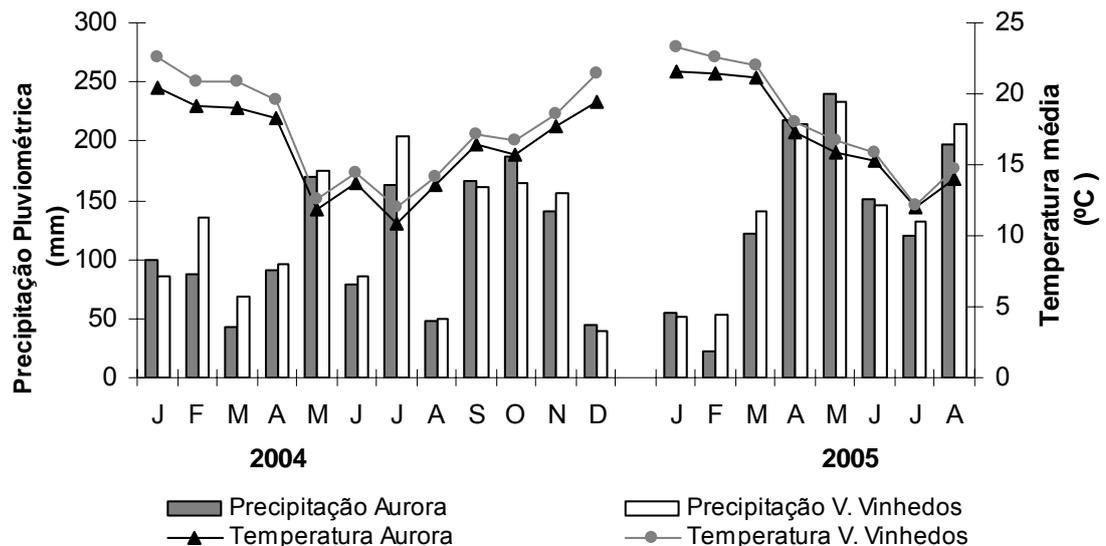


FIGURA 02. Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar no período de janeiro/2004 a agosto/2005. Estação Meteorológica do Centro Tecnológico da Cooperativa Aurora e Estação Meteorológica Valduga (Vale dos Vinhedos), em Bento Gonçalves, RS.

4.1.3. Solo

A formação geológica da região da Serra Gaúcha integra a Formação Serra Geral, Grupo São Bento, fazendo, portanto, parte da Bacia do Paraná. A Formação Serra Geral constitui-se de uma sucessão de derrames de rochas efusivas básicas a intermediárias, compreendendo derrames de basalto, andesito, riolitos, além de brechas vulcânicas, diques e soleiras de diabásio (Falcade e Mandelli, 1999).

Os solos das áreas Embrapa e Aurora foram classificados como Cambissolo Háplico eutrófico e Cambissolo Húmico distrófico, com manchas de Nitossolo. O solo da área Festa foi classificado como Neossolo Litólico distrófico. Estes solos são de origem basáltica, com relevo fortemente ondulado a montanhoso, podendo apresentar, principalmente no Neossolo Litólico, a presença de afloramentos rochosos.

As áreas estudadas apresentam altos teores de fósforo e potássio devido às adubações freqüentes dos parreirais, alta saturação por bases e altos teores de matéria orgânica. Todas as áreas apresentam altos teores de Cu, sendo que no Neossolo Litólico esses teores são os mais elevados, chegando a 587 mg L⁻¹ de Cu no solo. Informações adicionais dos atributos físicos dos solos das áreas estudadas podem ser encontradas em Albuquerque et al. (2003), Mafra et al., (2003) e Mafra et al., (2004). Maior detalhamento das análises químicas dos solos encontra-se nas Tabelas 01 e 02.

TABELA 01. Análises químicas e teor de argila de Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes e dois manejos das coberturas, solo sem cultivo de videira e mata nativa da região da Serra Gaúcha/RS, na camada de 0 a 10 cm (outubro de 2004).

Trat	Argila	pH	Índice SMP	P	K	MO	Al _{troc}	Ca	Mg	Al+H	CTC	Bases	Al	Cu
	(g Kg ⁻¹)	(H ₂ O)		(mg L ⁻¹)		(%)			(cmol _c L ⁻¹)			(%)		(mg L ⁻¹)
Manejo Convencional														
VN ⁽¹⁾	270	5,9	6,1	34	310	5,2	0,0	11,9	3,6	3,9	20,3	80	0,0	53
ASP	260	5,9	6,2	49	329	5,3	0,0	11,5	3,4	3,5	19,4	81	0,0	68
MF	270	5,9	6,1	42	344	5,2	0,0	10,7	3,2	3,9	18,8	79	0,0	52
E	270	5,7	6,1	33	340	5,1	0,0	10,1	2,5	3,9	17,6	77	0,0	67
Manejo Alternativo														
VN	270	5,9	6,3	35	287	4,9	0,0	9,3	2,3	3,1	15,6	79	0,0	45
ASP	260	5,9	6,3	46	293	5,5	0,0	10,5	2,5	3,1	17,0	81	0,0	59
MF	280	5,9	6,3	35	293	5,6	0,0	10,6	2,4	3,1	17,0	81	0,0	52
E	290	5,8	6,2	27	299	5,5	0,0	10,2	2,4	3,5	17,0	78	0,0	42
SC	320	5,0	5,6	2,5	134	3,6	0,9	3,7	1,1	6,9	12,3	42	7,3	15
MN	220	5,3	5,9	3,1	185	5,7	0,1	7,8	1,4	4,9	14,9	65	0,7	1,8

⁽¹⁾ VN= vegetação nativa espontânea; ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa.

TABELA 02. Análises químicas e teor de argila de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, solo sem cultivo de videira e mata nativa da região da Serra Gaúcha/RS, na camada de 0 a 10 cm (outubro de 2004).

Trat	Argila (g Kg ⁻¹)	pH (H ₂ O)	SMP	P (mg L ⁻¹)	K (%)	MO (%)	Al _{troc}	Ca (cmol _c L ⁻¹)	Mg (cmol _c L ⁻¹)	Al+H	CTC	Bases (%)	Al	Cu (mg L ⁻¹)
Neossolo Litólico distrófico														
ASP ⁽¹⁾	240	5,9	6,1	62	154	4,9	0,0	10,2	2,6	3,9	17,2	77	0,0	501
MF	240	5,9	6,1	55	110	5,1	0,0	9,9	2,7	3,9	16,9	76	0,0	521
ACPM	180	6,1	6,3	81	182	7,0	0,0	13,9	2,9	3,1	20,5	84	0,0	587
VN	220	5,9	6,0	84	171	5,9	0,0	11,9	2,5	4,4	19,4	76	0,0	575
CP	200	5,9	6,0	68	151	6,5	0,0	13,0	2,8	4,4	20,8	78	0,0	636
SC	250	5,1	5,5	5,5	156	5,9	1,0	6,2	1,3	7,7	15,9	50	6,3	8,2
MN	260	5,5	5,9	10	>400	7,4	0,0	8,7	3,7	4,9	18,6	73	0,0	6,8
Cambissolo Húmico distrófico														
ASP	220	6,6	6,5	14	162	6,9	0,0	13,5	6,3	2,5	22,7	89	0,0	18
MF	220	6,6	6,6	8,7	136	7,1	0,0	14,3	6,5	2,2	23,3	91	0,0	9,6
ACPM	240	6,7	6,5	13	188	7,0	0,0	13,4	6,4	2,5	22,8	89	0,0	22
VN	250	6,6	6,6	8,5	121	7,0	0,0	14,1	6,7	2,2	23,3	91	0,0	19
CP	260	6,8	6,5	13	325	7,0	0,0	13,9	6,2	2,5	23,4	89	0,0	29
SC	240	5,6	5,5	3,6	215	7,0	0,0	8,7	4,7	7,7	21,7	64	0,0	10
MN	250	3,9	4,2	3,7	67	6,9	9,1	0,5	0,3	34,4	35,4	3	25,7	2,2

⁽¹⁾ ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa.

4.2. Descrição das Áreas do estudo e do manejo dos parreirais

As áreas utilizadas neste estudo, anteriormente sob vegetação nativa do tipo Floresta Ombrófila Mista subclasse Montana, vêm sendo cultivadas com a videira comum Isabel, uma híbrida natural de *Vitis labrusca*, por 16 anos na área da Embrapa e em torno de 50 anos na área Festa. A área da Aurora está sendo cultivada com a vinífera Cabernet Sauvignon desde 1998.

O sistema de condução dos parreirais é em latada e os tratamentos fitossanitários, bem como as fertilizações e demais tratamentos culturais, estão sendo realizados segundo orientação dos técnicos da Embrapa-Uva e Vinho para cada área de cultivo.

A implantação das coberturas verdes foi realizada em abril de 2001 nas duas primeiras áreas e abril de 2002 na área Festa. As espécies utilizadas para a cobertura do solo nos parreirais são aveia preta (*Avena strigosa*), azevém anual (*Lolium multiflorum*), trevo branco (*Trifolium repens*), trevo vermelho (*Trifolium pratense*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e espécies de plantas nativas espontâneas. No Apêndice 01 são apresentadas as relações das principais espécies nativas espontâneas encontradas como coberturas de solo nas áreas do estudo segundo Oliveira et al. (no prelo).

O estabelecimento das coberturas verdes é realizado no outono, com semeadura a lanço embaixo do parreiral. A cobertura existente é rebaixada previamente através de corte mecânico (roçada) ou dessecação com herbicida (princípio ativo glifosato) na dosagem de 3L ha⁻¹. As quantidades de sementes utilizadas segundo Oliveira et al. (2004 a e b), são as seguintes: aveia preta com preparo de solo (100 kg ha⁻¹); aveia sem preparo do solo (120 kg ha⁻¹); azevém anual (25 kg ha⁻¹); trevo branco (3 kg ha⁻¹); trevo vermelho (6 kg ha⁻¹); ervilhaca (40 kg ha⁻¹).

Na implantação das coberturas não é feita a mobilização do solo, exceto no tratamento aveia com preparo mínimo do solo, na qual a semeadura é seguida de uma gradagem para incorporação das sementes.

O manejo das plantas de cobertura na área Embrapa é feito de duas formas: convencional e alternativa. A convencional consiste na dessecação da cobertura remanescente com herbicida (glifosato) uma vez por ano no outono, quinze dias antes

da semeadura das espécies anuais. A forma alternativa emprega a roçada quinze dias antes da semeadura das espécies anuais, coincidindo com a aplicação do herbicida no manejo convencional.

Nas áreas Aurora e Festa, o manejo das plantas de cobertura é realizado somente com o uso de roçadeira. Para as cultivares viníferas (Aurora), a recomendação é que a roçada seja feita após a troca de cor das bagas, principalmente se houver crescimento excessivo das espécies de cobertura, dificultando também o trânsito na colheita. Na área Festa, onde se cultiva uva comum Isabel, a roçada pode ser feita imediatamente antes da colheita. Portanto, as datas de roçada das coberturas diferem de acordo com a cultivar utilizada.

4.3. Divisão em estudos

O trabalho foi dividido em dois estudos, sendo o primeiro realizado na área Embrapa e o segundo, nas áreas Aurora e Festa. As coletas foram feitas no período de abril de 2004 a julho de 2005.

4.3.1. Estudo 1 – Atributos biológicos em Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira – Efeito do uso e manejo das coberturas verdes

O estudo 1 avaliou diferentes coberturas de solo e dois manejos das coberturas em um Cambissolo Háplico eutrófico.

4.3.1.1. Local: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho

4.3.1.2. Delineamento Experimental: blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, sendo quatro coberturas verdes e dois sistemas de manejo das coberturas com três repetições.

4.3.1.3. Tratamentos:

Coberturas verdes:

VN: Espécies nativas espontâneas;

A: Aveia preta (*Avena strigosa*) sem preparo do solo;

MF: Mistura de forrageiras com azevém (*Lolium multiflorum*) + trevo branco (*Trifolium repens*) + trevo vermelho (*Trifolium pratense*);

E: Ervilhaca (*Vicia sativa*);

4.3.1.4. Sistemas de manejo das coberturas verdes

Convencional: Dessecação das coberturas remanescentes com herbicida no outono, quinze dias antes de semear as espécies anuais.

Alternativo: Rebaixamento das coberturas remanescentes com roçada antes da semeadura das espécies anuais, quando as parreiras começam a rebrotar.

4.3.1.5. Tratamentos de referência

Foi avaliada uma área sem cultivo de videira (SC), com presença de gramíneas nativas como grama missioneira (*Axonopus spp.*), grama forquilha (*Paspalum notatum*), grama bermuda (*Cynodon dactylon*) e uma área sob mata nativa (MN) do tipo Floresta Ombrófila Mista, ambas utilizadas como referências para avaliar as características microbiológicas em solos não cultivados.

O esquema da área de estudo Embrapa é apresentado na Figura 03.

Área: Embrapa

Localização: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho. (Bento Gonçalves/RS).

Dimensões das Parcelas: 6,5 m x 5,0 m = 32,5 m²

Manejo das Coberturas:

ALTERNATIVO					CONVENCIONAL						
VN	E	T ⁽¹⁾	MF	ASP	E	ASP	MF	T ⁽¹⁾	VN		
									Rep1	E	M
									Rep2	S	A
									Rep3	T	A
										R	N
										A	A
										D	T
										A	I
											V
											A

VN: Espécies nativas espontâneas;

ASP: Aveia preta (*Avena strigosa*) sem preparo do solo;

MF: Mistura de forrageiras com azevém (*Lolium multiflorum*) + trevo branco (*Trifolium repens*) + trevo vermelho (*Trifolium pratense*);

E: Ervilhaca (*Vicia sativa*);

(1): Tratamento Azevém foi retirado do trabalho.

FIGURA 03. Esquema da área experimental Embrapa.

4.3.2. Estudo 2 – Atributos biológicos em Cambissolo Húmico distrófico e Neossolo Litólico distrófico cultivados com videira – Efeito de diferentes coberturas verdes

O segundo estudo avaliou dois experimentos com diferentes coberturas verdes em dois solos: Cambissolo Húmico distrófico (Aurora) e Neossolo Litólico distrófico (Festa)

4.3.2.1. Locais : Centro Tecnológico da Cooperativa Aurora;

Propriedade Rural localizada no Vale dos Vinhedos.

4.3.2.2. Delineamento Experimental: Blocos casualizados com três repetições.

4.3.2.3. Tratamentos:

Coberturas verdes:

ASP: Aveia preta (*Avena strigosa*) sem preparo do solo;

MF: Mistura de forrageiras com azevém (*Lolium multiflorum*) + trevo branco (*Trifolium repens*) + trevo vermelho (*Trifolium pratense*);

ACPM: Aveia preta (*Avena strigosa*) com preparo mínimo do solo;

VN: Espécies nativas espontâneas;

CP: Convencional do produtor.

Solos:

Cambissolo Húmico distrófico (Aurora);

Neossolo Litólico distrófico (Festa).

O estabelecimento das espécies de cobertura é realizado sem a mobilização do solo, com o prévio rebaixamento da cobertura remanescente através de roçada, exceto no tratamento aveia com preparo mínimo do solo, em que a semeadura é seguida de uma gradagem para incorporação das sementes.

No tratamento convencional do produtor (CP), as espécies de plantas nativas que possam ocorrer durante o ciclo da cultura, são rebaixadas com o uso de roçada ou aplicação de herbicida sistêmico.

4.3.2.4. Tratamentos de referência

Foi avaliada uma área sem cultivo de videira (SC), com presença de gramíneas nativas, e uma área sob mata nativa (MN), ambas utilizadas como referências das condições naturais sobre os atributos biológicos em solos não cultivados com videira.

O esquema das áreas de estudo Aurora e Festa são apresentados nas Figuras 04 e 05.

Área: Aurora**Localização:** Centro Tecnológico da Cooperativa Aurora. (Pinto Bandeira/RS).**Dimensões das Parcelas:** 9,0 m x 6,0 m = 54,0 m²

MATA NATIVA

S E M C U L T I V O	MF	ASP	T ⁽¹⁾	VN	ACPM Rep 1	E S T R A D A
					Rep 2	
					Rep 3	
	CP				Rep 1	
					Rep 2	
					Rep 3	

MF: Mistura de forrageiras com azevém (*Lolium multiflorum*) + trevo branco (*Trifolium repens*) + trevo vermelho (*Trifolium pratense*);

ASP: Aveia preta (*Avena strigosa*) sem preparo do solo;

VN: Espécies nativas espontâneas;

ACPM: Aveia preta (*Avena strigosa*) com preparo mínimo do solo;

CP: Convencional do produtor.

(1): Tratamento Azevém foi retirado do trabalho.

FIGURA 04. Esquema da área experimental Aurora.

Área: Festa**Localização:** Propriedade Rural – Vale dos Vinhedos (Bento Gonçalves/RS).**Dimensões das Parcelas:** 3,0 m x 13,0 m = 39,0 m²

E S T R A D A	CP	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3
	ACPM			
	VN			
	ASP			
	MF			
				SEM CULTIVO
				MATA NATIVA

CP: Convencional do produtor;

ACPM: Aveia preta (*Avena strigosa*) com preparo mínimo do solo;

VN: Espécies nativas espontâneas;

ASP: Aveia preta (*Avena strigosa*) sem preparo do solo;MF: Mistura de forrageiras com azevém (*Lolium multiflorum*) + trevo branco (*Trifolium repens*) + trevo vermelho (*Trifolium pratense*).

FIGURA 05. Esquema da área experimental Festa.

4.4. Coleta e preparo das amostras

As amostras de solos foram coletadas em quatro épocas: abril de 2004, outubro de 2004, março de 2005 e julho de 2005. As coletas de verão (dezembro a fevereiro) não foram realizadas devido a baixa precipitação pluviométrica ocorrida nesse período. Foram utilizadas 10 sub amostras de solos por repetição, para formação de uma amostra composta na profundidade 0 a 10 cm.

As amostras foram homogeneizadas, passadas em peneiras de malha de 4 mm para determinação do carbono da biomassa microbiana e respiração microbiana e 2 mm para determinação da atividade das enzimas do solo. Posteriormente, as amostras foram limpas através da remoção cuidadosa de resíduos de plantas e acondicionadas em sacos plásticos. As amostras de solo utilizadas para determinação da atividade das enzimas foram armazenadas sob refrigeração a temperatura de $\pm 4^{\circ}\text{C}$ até a realização das análises.

Foi retirada uma porção de aproximadamente 20 g de solo de cada amostra para determinação do teor de umidade, por secagem em estufa a 105°C até peso constante.

4.5. Atributos biológicos avaliados

Nos dois estudos, foram avaliados o carbono da biomassa microbiana e a atividade biológica, através da respiração microbiana e da atividade das enzimas β -glucosidase, fosfatase ácida, urease e amidase em amostras de solos cultivados com videira.

4.5.1. Estudo 1 – Atributos biológicos em Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira – Efeito do uso e manejo das coberturas verdes.

Nas amostras coletadas em abril de 2004, foram determinadas somente a atividade de duas enzimas: a β -glucosidase e amidase, devido a problemas metodológicos. Nesta época de coleta, o tratamento sem cultivo de videira (SC) não fazia parte do experimento e, após análise parcial dos resultados obtidos, decidiu-se por selecionar, além da área nativa, uma outra área já manejada, porém sem cultivo de

videira como referência para este estudo. Assim, o tratamento sem cultivo passou a fazer parte do trabalho a partir da coleta de outubro de 2004.

Nas amostras coletadas em outubro de 2004, não foi determinado o carbono da biomassa microbiana do solo. A última coleta de solo foi realizada em julho de 2005 sendo que, nestas amostras somente foram realizadas as determinações do carbono da biomassa e respiração microbiana do solo.

4.5.2. Estudo 2 – Atributos biológicos em Cambissolo Húmico distrófico e Neossolo Litólico distrófico cultivados com videira – Efeito de diferentes coberturas verdes

Nas amostras coletadas em abril de 2004 não foi determinada a atividade da enzima urease, devido a problemas metodológicos. Nesta época de coleta o tratamento sem cultivo (SC) não fazia parte do experimento e, após análise parcial dos resultados obtidos, decidiu-se por selecionar, além da área nativa, uma outra área já manejada, porém sem cultivo de videira como referência para este estudo. Assim, o tratamento sem cultivo passou a fazer parte do trabalho a partir da coleta de outubro de 2004.

Nas amostras coletadas em outubro de 2004 não foi determinado o carbono da biomassa microbiana do solo. A última coleta de solo foi realizada em julho de 2005. Nestas amostras, somente foram realizadas as determinações do carbono da biomassa microbiana e respiração microbiana do solo.

4.5.3. Carbono da biomassa microbiana

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado segundo o método proposto por Jenkinson e Powlson (1976 a, b), Clorofórmio Fumigação-Incubação (CFI), com algumas modificações descritas a seguir.

Foram utilizadas, de cada amostra de solo, duas sub amostras cujo teor de umidade era equivalente a 75% da capacidade de campo. Uma delas, pesando 50 g, foi colocada em recipientes de vidro com tampas herméticas e capacidade de 800 mL. A segunda amostra, pesando 48 g, foi colocada em copo de vidro de 200 mL e fumigada em dessecador acoplado a uma bomba de vácuo, contendo um becker de 50 mL com 20 mL de clorofórmio livre de álcool e com as paredes forradas com papel úmido. As amostras de solo foram mantidas em dessecador por 24 horas. Após o

período de fumigação, o vapor de clorofórmio foi retirado através de evacuações sucessivas, sendo as amostras então retiradas do dessecador e colocadas também em recipientes de vidro. Os solos fumigados foram reinoculados com 2,0 g de solo, da mesma amostra original. Com uma espátula, foi feita a homogeneização de todas as amostras de solo e, em cada vidro, foi colocado um copo plástico de 80 mL, contendo 20 mL de NaOH 0,5 M. As amostras foram mantidas no escuro por dez dias à temperatura ambiente. A quantidade de CO₂ liberada do solo foi determinada após adição de 3,0 mL de BaCl₂ 30% e posterior titulação com HCl 0,3 M, usando fenolftaleína 1% como indicador. Foram utilizados como controle, três recipientes de vidro sem solo contendo a mesma solução de NaOH. O carbono da biomassa microbiana foi calculado pela diferença entre o CO₂ liberado das amostras fumigadas (F) e amostras não fumigadas (NF), utilizando um fator de correção (Kc) de 0,41 (Anderson e Domsch, 1978), conforme a fórmula abaixo.

$$\text{mg C-CO}_2 = (C-A) \cdot M \cdot E$$

onde:

C= volume (mL) do ácido usado para titular a base referente ao controle;

A= volume (mL) do ácido usado para titular a base referente a amostra fumigada ou não fumigada;

M= molaridade do ácido;

E= equivalente grama do carbono = 6.

O cálculo do carbono da biomassa microbiana foi feito com o uso da fórmula proposta por Jenkinson e Powlson (1976 a e b).

$$\text{CBM} = (F - \text{NF}) / Kc$$

onde:

CBM= carbono da biomassa microbiana;

F= C-CO₂ liberado pelo solo fumigado no período de 10 dias;

NF= C-CO₂ liberado pelo solo não fumigado no período de 10 dias;

Kc= fator de correção (0,41).

Os dados de carbono da biomassa microbiana foram expressos em mg C kg⁻¹ solo.

4.5.4. Quociente microbiano

O quociente microbiano (qM) foi calculado de acordo com Sparling (1992), pela fórmula:

$$qM = (CBM/CO)/10$$

onde:

qM: quociente microbiano (%);

CBM: carbono da biomassa microbiana (mg C kg⁻¹);

CO: carbono orgânico total (g kg⁻¹).

4.5.5. Respiração Microbiana

A avaliação da respiração microbiana (RM) foi realizada juntamente com a avaliação do CBM, sendo estimada pela quantidade de CO₂ liberado do solo não fumigado durante 20 dias de incubação. As unidades experimentais foram constituídas por recipientes de vidro de 800 mL com tampas herméticas. Foi utilizada uma amostra de 50 g de solo, incubada a temperatura ambiente, com a umidade ajustada para 75% de sua capacidade de campo. Também foram utilizados três recipientes sem solo como controle.

O CO₂ produzido foi capturado por uma solução de NaOH 0,5 M e quantificado por titulação com HCl 0,3 M, sendo adicionado anteriormente BaCl₂ 30% e utilizado fenolftaleína a 1% como indicador. Durante esse período, foram realizadas duas titulações, a primeira aos dez dias e a segunda aos vinte dias após o início da incubação das amostras, sendo os valores somados para obter-se o valor referente ao período de 0 a 20 dias de incubação.

Os dados de respiração microbiana foram expressos em mg C-CO₂ kg⁻¹ solo.

4.5.6. Quociente metabólico

O quociente metabólico (qCO₂) foi calculado pela razão entre a taxa de respiração microbiana e o carbono da biomassa microbiana (Anderson & Domsch, 1993), sendo expresso em mg C-CO₂ mg Cmic⁻¹ dia⁻¹.

$$qCO_2 = TRM/BM$$

$$TRM = RM/d$$

onde:

qCO_2 = quociente metabólico ($mg\ C-CO_2\ mg\ Cmic^{-1}\ dia^{-1}$);

RM= respiração microbiana ($mgC-CO_2\ kg^{-1}$);

d= dias de incubação para determinação da respiração microbiana;

TRM= taxa da respiração microbiana ($mg\ C-CO_2\ kg^{-1}\ dia^{-1}$);

CBM= carbono da biomassa microbiana ($mg\ C\ kg^{-1}$)

4.5.7. Atividade das enzimas do solo

Para a determinação das atividades das enzimas β -glucosidase, fosfatase ácida, urease e amidase foram utilizados os métodos descritos por Dick et al. (1996).

O método que envolve as atividades das enzimas β -glucosidase e fosfatase ácida baseia-se na determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol liberado pela enzima quando o solo é incubado com seu substrato específico. O *p*-nitrofenol liberado é extraído por filtração e determinado colorimetricamente.

O método utilizado para avaliação das atividades da urease e da amidase no solo é baseado na quantidade de NH_4^+ liberado durante o período de incubação do solo com quantidade conhecida de uréia e formamida, respectivamente. A quantificação de NH_4^+ foi realizada por destilação a vapor e posterior titulação.

O tolueno é utilizado para inibir a atividade microbiana durante a incubação, sendo os dados obtidos, resultado das atividades das enzimas acumuladas no solo.

4.5.7.1. β -glucosidase

O substrato utilizado na reação desta enzima é o *p*-nitrofenil- β -D-Glucopyranosídeo 0,05 M (PNG 0,05 M).

Amostras de solo (1,0 g) foram colocadas em erlenmeyer de 50 mL, sendo utilizadas duas repetições e um controle. Em seguida, foram adicionados 250 μ L de Tolueno, 4,0 mL da solução MUB pH 6 a todas as amostras e 1,0 mL de PNG 0,05 M, com exceção dos controles. Os erlenmeyers foram fechados com rolhas de borracha e incubados a 37° C por uma hora. Após a incubação, foram adicionados 1,0 mL de $CaCl_2$ 0,5 M, 4,0 mL de Tris-Hydroxymetyl-Amino-Metano (THAM pH 12) e 1,0 mL de PNG 0,05 M (somente aos controles). Procedeu-se em seguida à filtração em papel de

filtro nº 2. A intensidade da coloração amarela do filtrado foi determinada num espectrofotômetro a 410 nm.

A quantidade de *p*-nitrofenol formada em cada amostra foi determinada com base numa curva padrão preparada com concentrações conhecidas de *p*-nitrofenol (0, 10, 20, 30, 40, 50 mg de *p*-nitrofenol mL⁻¹). A atividade enzimática é expressa em µg de *p*-nitrofenol liberado por hora por grama de solo (µg *p*-nitrofenol h⁻¹ g⁻¹ solo).

4.5.7.2. Fosfatase Ácida

O substrato utilizado na reação desta enzima é o *p*-nitrofenil fosfato 0,05 M (PNF 0,05 M).

Foram colocadas amostras de solo (1,0 g) em erlenmeyer de 50 mL, utilizando duas repetições e um controle. Em seguida, foram adicionados 200 µL de Tolueno, 4,0 mL da solução MUB pH 6,5 em todos os frascos e 1,0 mL de PNF 0,05 M, com exceção dos controles. Os erlenmeyers foram fechados com rolhas de borracha e incubados a 37° C por uma hora. Após a incubação, foram adicionados 1,0 mL de CaCl₂ 0,5 M, 4,0 mL de NaOH 0,5 M e 1,0 mL de PNF 0,05M (somente aos controles), procedendo-se em seguida à filtração em papel de filtro nº 02. A intensidade da coloração amarela do filtrado foi determinada num espectrofotômetro a 410 nm.

A quantidade de *p*-nitrofenol formada em cada amostra foi determinada com base numa curva padrão preparada com concentrações conhecidas de *p*-nitrofenol (0, 10, 20, 30, 40, 50 mg de *p*-nitrofenol mL⁻¹). A atividade enzimática é expressa em µg de *p*-nitrofenol liberado por hora por grama de solo (µg *p*-nitrofenol h⁻¹ g⁻¹ solo).

4.5.7.3. Urease

O substrato utilizado na reação desta enzima é uma solução de uréia 0,2M.

Foram colocadas amostras de solo (5,0 g) em frascos volumétricos de 50 mL, utilizando duas repetições e um controle. Em seguida, foram adicionados 200 µL de Tolueno, 9,0 mL da solução THAN pH 9,0 em todos os frascos e 1,0 mL da solução de uréia 0,2 M, com exceção dos controles. Os frascos foram fechados e incubados a 37°C por duas horas. Após a incubação, foram adicionados aproximadamente 35 mL de solução gelada de KCl-Ag₂SO₄ e 1,0 mL de solução de uréia 0,2M (somente aos controles) misturando por alguns segundos. Posteriormente, o conteúdo foi ajustado

para 50 mL com adição de KCl-Ag₂SO₄, e os frascos foram invertidos por diversas vezes para misturar o conteúdo.

Para determinar N-NH₄⁺ na suspensão de solo resultante, foi pipetada uma alíquota de 20 mL da suspensão para um frasco de destilação de 100 mL, e procedeu-se a destilação a vapor desta alíquota com 0,2g de MgO por 4 minutos, como descrito por Tedesco et al. (1995), para análise do N-NH₄⁺ do solo. A atividade enzimática é expressa em µg de N-NH₄⁺ liberado por duas horas por grama de solo (µg N-NH₄⁺2h⁻¹ g⁻¹ solo).

4.5.7.4. Amidase

O substrato utilizado na reação desta enzima é uma solução de formamida 0,5M.

Foram colocadas amostras de solo (5,0 g) em frascos volumétricos de 50 mL, utilizando duas repetições e um controle. Em seguida, foram adicionados 200 µL de Tolueno, 9,0 mL da solução THAN pH 8,5 em todos os frascos e 1,0 mL da solução de formamida 0,5 M, com exceção dos controles. Os frascos foram fechados e incubados a 37° C por duas horas. Após a incubação, foram adicionados aproximadamente 35 mL de solução gelada de KCl-Ag₂SO₄ e 1,0 mL de solução de formamida 0,5M (somente aos controles), misturando por alguns segundos. Posteriormente, o conteúdo foi ajustado para 50 mL com adição de KCl-Ag₂SO₄, e os frascos foram invertidos por diversas vezes para misturar o conteúdo.

Para determinar N-NH₄⁺ na suspensão de solo resultante, foi pipetada uma alíquota de 20 mL da suspensão para um frasco de destilação de 100 mL, e procedeu-se a destilação a vapor desta alíquota com 0,2g de MgO, como descrito por Tedesco et al. (1995), para análise do N-NH₄⁺ do solo. A atividade enzimática é expressa em µg de N-NH₄⁺ liberado por duas horas por grama de solo (µg N-NH₄⁺ 2h⁻¹ g⁻¹ solo).

4.6. Análises químicas do solo

Uma fração de cada amostra de solo coletada em outubro de 2004 foi enviada ao Laboratório de Análise de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, para determinação dos teores de argila, P, K, Ca, Mg, Al, Cu, pH, matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cátions (CTC) e soma de bases (S). Os procedimentos

metodológicos para estas análises foram realizados conforme descrito em Tedesco et al. (1995). As análises químicas dos solos estão apresentadas nas Tabelas 01 e 02.

4.7. Carbono orgânico total e Fracionamento do carbono orgânico do solo

O carbono orgânico total (COT) das amostras de solo coletadas em outubro de 2004 na profundidade de 0 a 10 cm foi determinado no Laboratório de Manejo do Solo da Faculdade de Agronomia da UFRGS, pelo método da combustão seca, utilizando o analisador de Carbono Orgânico Total da marca Shimadzu.

O fracionamento físico do carbono orgânico do solo foi realizado segundo a metodologia de Cambardella e Elliott (1992) e conforme descrito por Bayer et al. (2004) nas amostras anteriormente citadas.

Foram pesadas 20 g de solo de cada amostra e adicionados 70 mL de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}) e agitados por 15 horas em agitador horizontal. A suspensão obtida foi passada em peneira de $53 \mu\text{m}$ com auxílio de jato de água. O material retido na peneira foi considerado como sendo a fração de carbono particulado do solo (COP). Este material foi seco em estufa a 45°C , moído, e o seu conteúdo de carbono orgânico foi avaliado em analisador de Carbono Orgânico Total. O conteúdo do carbono orgânico associado a minerais (COAM) foi obtido pela diferença entre o carbono orgânico particulado (COP) e o carbono orgânico total (COT). Os dados obtidos foram expressos em g kg^{-1} .

4.8. Análises estatísticas dos resultados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) utilizando o programa estatístico ESTAT - Sistema de análise estatística (1992) da UNESP.

No estudo 1, os resultados de cada variável foram analisados, comparando-se as médias das espécies de coberturas e dos manejos destas coberturas. As áreas de referência mata nativa (MN) e sem cultivo de videira (SC) foram analisadas comparando suas médias entre si, não havendo comparação das mesmas com os tratamentos de coberturas e manejos.

No estudo 2, os dados foram agrupados, para procedimento da análise conjunta, comparando as médias dos tratamentos de coberturas e os dois solos. Para análise estatística foi utilizada a análise de grupos de experimentos conforme descrito por Banzatto e Kronka, (1995). O tratamento (SC) foi comparado estatisticamente com os demais tratamentos de cobertura, sendo utilizado como testemunha dos atributos biológicos em um solo sem cultivo de videira. A área nativa (MN) não foi comparada estatisticamente com os demais tratamentos, sendo utilizada somente como referência das condições naturais do solo.

Foram também, realizadas análises de variâncias e comparação das médias pelo teste de Tukey para cada área de estudo (Embrapa, Festa e Aurora), comparando os tratamentos de coberturas verdes, independentes dos solos e manejos, com as épocas de coleta das amostras. Estes dados foram apresentados em uma tabela de análise de variância encontrada no Apêndice 31.

Em geral, as correlações entre os atributos biológicos foram baixas e não significativas, sendo apresentadas, quando necessárias, na discussão dos resultados.

Para os dois estudos, foi construído um gráfico denominado “Representação integrativa dos atributos biológicos do solo”, de acordo com Schmitz, (2003). Para isso, foram calculadas as médias dos resultados dos atributos biológicos nas épocas de coletas. Com estes resultados, foram obtidas porcentagens dos valores de cada tratamento para cada variável em relação ao valor obtido pelo tratamento referência sem cultivo de videira (SC), sendo que este correspondeu a 100%.

Estes dados foram plotados em um gráfico radial e cada variável foi representada por um eixo do gráfico. Os pontos referentes a cada tratamento foram unidos por linhas, formando um polígono. Esta forma de representação dos resultados permite uma análise integrativa podendo-se perceber a partir do formato dos polígonos, qual foi a evolução de cada tratamento em relação ao tratamento referência SC.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Estudo 1 – Atributos biológicos em Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira – Efeito do uso e manejo das coberturas verdes.

Este estudo foi realizado na sede da Embrapa Uva e Vinho no município de Bento Gonçalves RS, sobre um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira, comparando diferentes coberturas verdes e o manejo dessas coberturas. Também foram comparadas entre si duas áreas de referência adjacentes ao parreiral, sendo uma com solo sem cultivo de videira e outra, sob mata nativa.

5.1.1. Carbono da biomassa microbiana

As diferentes espécies de coberturas verdes e os dois manejos (convencional e alternativo) utilizados no experimento influenciaram o carbono da biomassa microbiana (CBM) promovendo variações entre os tratamentos em todas as épocas de coleta (Figura 06). De uma forma geral, os maiores valores do CBM foram observados na mata nativa e nos tratamentos sob manejo alternativo e os menores, na cobertura verde com ervilhaca sob manejo convencional (Figura 06).

As épocas de coleta causaram efeitos distintos no carbono da biomassa microbiana, sendo estes mais expressivos em relação ao manejo das coberturas verdes do que das espécies utilizadas para este fim. Em geral, as maiores reduções do CBM, independente do manejo adotado, ocorreram na coleta realizada em março de 2005 (Figura 06 e Apêndice 10).

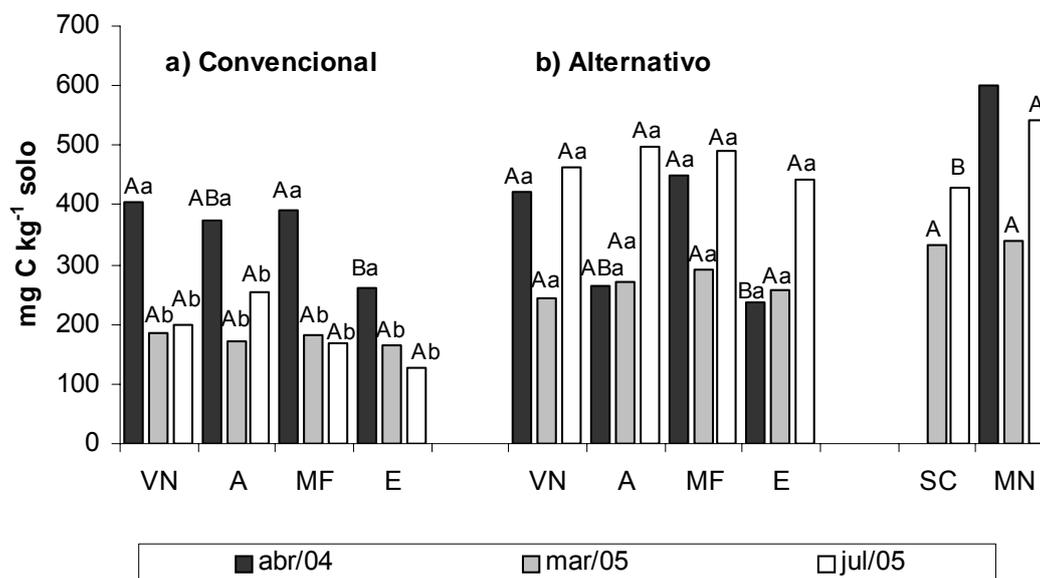


FIGURA 06. Biomassa microbiana de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Diferenças significativas de 1 e 5% de probabilidade (Apêndice 07) em todas as épocas de coleta foram observadas. Estas diferenças ocorreram tanto para as coberturas verdes (abril/2004), quanto para os manejos (março e julho/2005) não apresentando, no entanto, interação entre os dois fatores avaliados (coberturas x manejo das coberturas).

Na coleta realizada em abril de 2004 os tratamentos com coberturas influenciaram significativamente o carbono da biomassa microbiana no Cambissolo Háplico estudado (Figura 06). Nesta época, os tratamentos vegetação nativa espontânea (VN) e mistura de forrageiras (MF) apresentaram maior CBM em relação às demais coberturas nos dois manejos avaliados (convencional e alternativo).

A população microbiana, segundo Moreira e Siqueira (2002), pode variar em função da espécie vegetal, tipo de solo e até da cultivar vegetal que influenciarão os exsudados liberados tanto em quantidade como em qualidade. Estes compostos, por sua vez, selecionarão ou favorecerão grupos nutricionais específicos na rizosfera.

Portanto, a maior diversidade de espécies vegetais nativas (Apêndice 01) da cobertura vegetal nativa espontânea (VN) e o consórcio de azevém, trevo branco e trevo vermelho do tratamento mistura de forrageiras (MF), pode estar exercendo efeito no CBM em relação às culturas singulares aveia (A) e ervilhaca (E) por disponibilizar diferentes fontes de carbono e nitrogênio facilmente assimiláveis.

Em vinhedos, Ingels et al. (2005), avaliando a combinação de diferentes espécies de coberturas em solo revolvido e não revolvido e seus efeitos no crescimento, produção, composição do suco da uva e biomassa microbiana por três anos, observaram pouca diferença na produção, grau brix do suco e pH. E ainda, que o solo não revolvido e com mistura de espécies de cobertura, tinha maior biomassa microbiana que o solo controle revolvido.

Em todas as épocas de coleta, a mata nativa (MN) apresentou maior CBM. Reduções na biomassa microbiana do solo sob cobertura verde em relação à mata nativa foram de até 66% e para o tratamento sem cultivo de videira de 57% sendo que, a maior redução ocorreu nas amostras coletadas em julho de 2005 no manejo convencional (Figura 06 e Apêndice 10).

As condições favoráveis no solo sob vegetação nativa como umidade, temperatura, ausência de preparo do solo, melhor distribuição do sistema radicular, adição contínua de resíduos na serapilheira, além da maior heterogeneidade florística da mata, quando comparada com as áreas sob coberturas verdes e a área sem cultivo de videira, são fatores que favorecem a população microbiana e contribuem para uma maior biomassa microbiana do solo.

Outros trabalhos também observaram reduções no CBM em solos sob cultivo quando comparados aos das áreas nativas. Waldrop et al. (2000), com a conversão da floresta tropical para o cultivo de abacaxi, observaram redução de 50% no carbono do solo e 75% na biomassa microbiana. Islam e Weil (2000), em ecossistemas florestais de Bangladesh verificaram maiores teores do carbono da biomassa do solo em áreas com floresta natural (259 mg C kg⁻¹ solo), área reflorestada (338 mg C kg⁻¹ solo) e pastagem (394 mg C kg⁻¹ solo) aos encontrados na área cultivada (156 mg C kg⁻¹ solo).

Em solos cultivados com videira, Matsuoka et al. (2003) observaram redução de 68% no CBM em relação à área nativa sob cerrado. Oliveira (2000), em Latossolo Vermelho Amarelo, também observou em diferentes estações do ano (seca, chuva e seca) no tratamento com culturas anuais reduções de 51%, 48% e 58% em relação às áreas nativas.

O manejo alternativo apresentou maior valor do CBM em todas as épocas de coleta, chegando a valores 2,4 e 3,5 vezes superiores (463 e 443 mg C kg⁻¹ solo) ao convencional (198 e 126 mg C kg⁻¹ solo) para o tratamento vegetação nativa e ervilhaca respectivamente, na coleta realizada em julho de 2005 (Figura 06).

No tratamento VN, a aplicação de herbicida no manejo convencional seleciona as espécies vegetais nativas mais resistentes, diminuindo assim a diversidade de plantas, conforme pode ser observado no Apêndice 01. Segundo Eira (1995), análises qualitativas mostram que espécies mais resistentes aos herbicidas substituem as menos resistentes e, por vezes, este fato pode levar à maior incidência de doenças em plantas cultivadas, destruição de antagonistas e inimigos naturais, além de alterações significativas na qualidade de compostos de degradação microbiana da matéria orgânica.

Os maiores valores do CBM foram encontrados na coleta de abril para ambos os manejos das coberturas de solo (Figura 06). Como a biomassa microbiana é um compartimento regulado pela disponibilidade de substrato orgânico, o aporte de resíduos adicionado ao solo por ocasião da aplicação do herbicida (manejo convencional) e roçada das plantas de coberturas (manejo alternativo) realizada treze dias antes da coleta de abril, pode estar estimulando a biomassa microbiana nesta época.

A coleta realizada em março de 2005 foi a que apresentou menor valor do CBM (Figura 06). Essa redução ocorreu tanto para as diferentes coberturas, como para os manejos adotados, chegando a valores duas vezes menores para o tratamento vegetação nativa no manejo convencional (186 mg C kg⁻¹ solo) e no manejo alternativo (243 mg C kg⁻¹ solo), em relação à coleta de abril de 2004 (406 mg C kg⁻¹ solo) e julho de 2005 (463 mg C kg⁻¹ solo) respectivamente, para o mesmo tratamento de cobertura (Apêndice 10).

Apesar das coberturas verdes contribuírem para manutenção da umidade do solo, a baixa precipitação ocorrida na região no período de dezembro/2004 a fevereiro/2005 (Figura 01 e Apêndice 04), resultou em um menor teor de umidade do solo nesta época (Figura 07 e Apêndice 02), causando a redução da biomassa microbiana do solo.

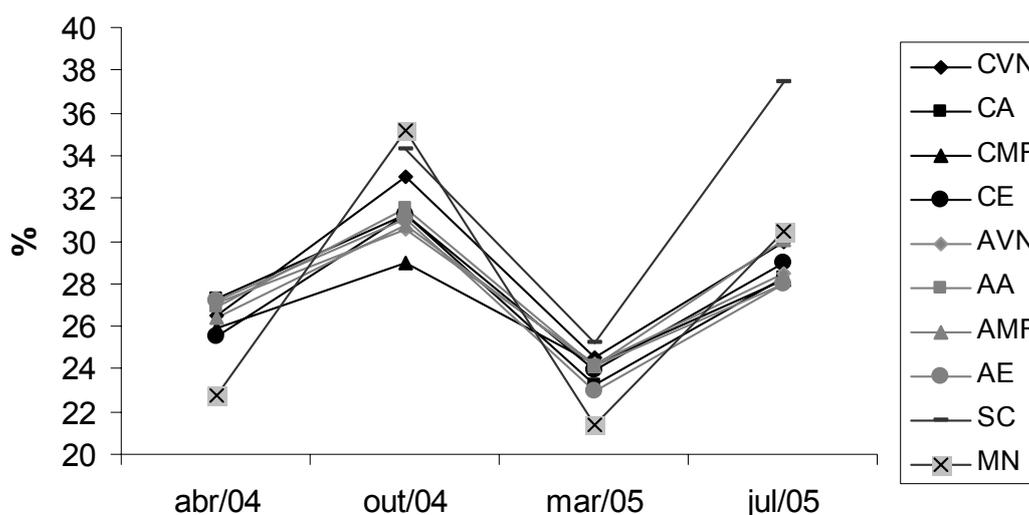


FIGURA 07. Umidade gravimétrica de um Cambissolo Háplico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas (C=Convencional, A=Alternativo), área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa).

Wardle (1998), em seu trabalho, evidenciou que a distribuição das chuvas e a umidade do solo seriam os principais fatores na regulação da biomassa microbiana. Espíndola et al. (2001) também associaram a elevação do C microbiano ocorrido na primavera em solo cultivado com *Paspalum notatum*, à elevação concomitante da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica, acarretando condições favoráveis ao aumento da biomassa microbiana do solo.

E ainda Carvalho (1997), estudando a variação da biomassa microbiana mês a mês durante um ano em solo sob plantio direto, verificou que o índice pluviométrico, a entrada dos resíduos e a plena atividade rizosférica na fase de florescimento e

enchimento dos grãos foram os parâmetros que mais influenciaram a biomassa microbiana do solo.

5.1.2. Carbono orgânico do solo

O carbono orgânico total (COT) do solo e as frações do carbono orgânico particulado (COP) e associado a minerais (COAM) apresentaram comportamento semelhante entre as espécies de coberturas e os manejos estudados (Figura 08). Os maiores valores do COT e COAM foram encontrados respectivamente nas áreas sem cultivo de videira e mata nativa (Figura 08 e Apêndice 11).

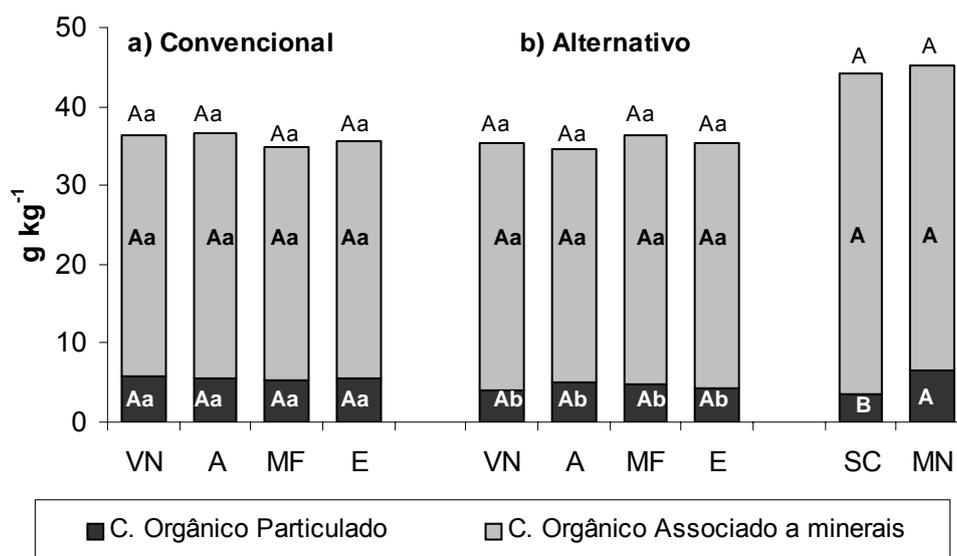


FIGURA 08. Carbono orgânico Total e suas frações Carbono orgânico particulado e Carbono orgânico associado a minerais de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). (O Carbono orgânico total esta representado pela altura total da barra). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A adição anual de carbono via resíduos vegetais, associada à manutenção da cobertura verde no solo sob cultivo de videira, resultou em acúmulo de matéria orgânica no solo (Tabela 01), refletindo nos teores de COT encontrados de 35,9 e 35,5 g kg⁻¹ no solo sob coberturas e 44,1 e 45,2 g kg⁻¹ nas áreas sem cultivo de videira e mata nativa (Figura 08 e Apêndice 11).

O carbono orgânico total do solo e o carbono orgânico associado a minerais não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Apêndice 08) tanto para as espécies de coberturas como para os manejos testados.

O carbono orgânico particulado (COP) representou, em média nos tratamentos de cobertura, 15 % e 13% do carbono orgânico total para o manejo convencional e alternativo respectivamente. Na área sem cultivo de videira, esta fração representou cerca de 8% e na mata nativa 15% do carbono orgânico total. Estes valores podem ser considerados baixos em comparação com os de 24 a 31% encontrados por Costa et al. (2004) em solos do Paraná. Nesse estudo, os autores atribuem esses resultados em parte às condições de temperatura e umidade altamente favoráveis à atividade microbiana da região. Outros trabalhos também encontraram uma faixa de 20 a 29% na participação do COP no estoque de COT (Doran et al., 1998; Conceição et al., 2005).

A mata nativa apresentou a maior fração particulada da matéria orgânica (6,6 g kg⁻¹) e a área sem cultivo de videira, a menor fração (3,5 g kg⁻¹) em relação a todos os tratamentos testados (Apêndice 11). Estes resultados indicam que este tratamento tem efeito negativo sobre a fração particulada da matéria orgânica do solo, evidenciado pela maior redução (47%) da mesma, quando comparada à mata nativa. O maior valor do COP na mata nativa pode estar relacionado com aporte contínuo de resíduos e com a maior reciclagem do sistema radicular, especialmente das raízes finas da cobertura vegetal.

O COP ao contrário do COT, apresentou diferenças significativas entre os manejos das coberturas (Apêndice 11), sendo que os maiores valores desta fração ocorreram no manejo convencional. Neste manejo, também foi observada a maior

produção de matéria seca da parte aérea (Apêndice 32) na maioria das espécies de coberturas testadas, o que pode ter contribuído para estes resultados.

Conceição et al. (2005), em solos sob diferentes coberturas e sistemas de manejos em dois experimentos no Rio Grande do Sul também evidenciaram que a fração particulada foi eficiente na detecção de alterações induzidas pelo manejo. Resultados semelhantes de maior sensibilidade do estoque de C na matéria orgânica particulada também foram observados por Bayer et al., (2004). Aumentos de 37% a 52% nessa fração foram encontrados em solos sob plantio direto com culturas estivais e outonais quando comparados a solos sob plantio convencional na camada de 0 a 20cm, confirmando que o estoque do carbono na matéria orgânica particulada constitui-se um indicador mais sensível aos sistemas de manejo do solo mesmo em curto prazo de tempo.

O carbono orgânico associado a minerais (COAM), assim como o carbono orgânico total (COT), não apresentou diferenças entre as espécies de coberturas e os manejos testados (Figura 08). Como esta fração da matéria orgânica apresenta uma ciclagem mais lenta no que se refere a sua formação e decomposição, é necessário um período maior para que alterações provocadas pelos sistemas de manejo sejam refletidas nesta fração.

Assim, mudanças graduais e pequenas na matéria orgânica do solo podem ser difíceis de ser monitoradas e detectadas em curto prazo de tempo. A biomassa microbiana tem sido sugerida como um indicador sensível das alterações ocorridas no conteúdo de matéria orgânica do solo.

Parton et al. (1989) consideraram que, em virtude das diferenças temporais das frações principais da matéria orgânica (ativa, lenta e passiva), a variação no teor de matéria orgânica, baseado apenas no teor de C orgânico do solo, decorrente de mudanças do uso e de técnicas de manejo do solo, pode não ser detectável. Entretanto, a resposta da fração ativa, que contém a biomassa microbiana e seus metabólitos, ocorre muito mais rapidamente.

Neste estudo, observou-se que, tanto os teores de matéria orgânica do solo, quanto os de carbono orgânico total não diferiram entre os tratamentos avaliados. No

entanto, o CBM foi capaz de revelar estas diferenças tanto entre as coberturas verdes (abril de 2004), quanto entre os manejos (março e julho de 2005), mostrando ser um indicador mais sensível.

Resultados semelhantes foram encontrados por Mendes et al. (2002), em um trabalho na região do Cerrado. Os autores observaram que a biomassa microbiana e a atividade enzimática foram eficientes em detectar mudanças que ocorreram no solo em virtude dos sistemas de manejo (sucessões de culturas de cobertura/milho em sistema direto e incorporação em pré-plantio da cultura), as quais não foram diferenciados pelos teores de matéria orgânica do solo. Gama-Rodrigues et al. (1997), trabalhando no sul da Bahia, não encontraram diferença significativa nos teores de C orgânico e N total de solos sob diferentes coberturas florestais. Entretanto, o C e o N da biomassa microbiana variaram significativamente entre as coberturas estudadas.

5.1.3.Quociente microbiano

A biomassa microbiana relacionada ao carbono orgânico, denominado quociente microbiano (qMic), fornece uma medida de qualidade nutricional da matéria orgânica presente neste solo.

O quociente microbiano foi influenciado de forma distinta pelos tratamentos (Figura 09). As maiores diferenças ocorreram em função do manejo das coberturas verdes e não das espécies utilizadas como cobertura. Na coleta realizada em abril de 2004, as diferenças entre manejos foram menores (0,98 e 0,95 %) em relação às outras épocas de coleta. Em geral, os maiores valores médios do quociente microbiano foram observados no manejo alternativo, área sem cultivo de videira e mata nativa. (Apêndice 12).

Estatisticamente, diferenças significativas foram encontradas entre as espécies de coberturas (abril/2004), manejos (março/2005) e para os dois fatores (julho/2005) como pode ser observado no Apêndice 07.

O manejo alternativo com a utilização de roçada apresentou maiores valores do qMic em relação ao manejo convencional com o uso de herbicidas (Figura 09 e Apêndice 12). Em média, os valores encontrados (0,50 a 0,95%) foram menores aos

daqueles observados em diversos sistemas agrícolas (1-2%) por Leite et al. (2003). A exceção ocorreu na coleta de julho de 2005 no manejo alternativo, que apresentou valores médios de 1,34%. Na literatura, o valor 2,2% é citado por Jenkinson e Ladd (1981) como sendo o nível mais adequado.

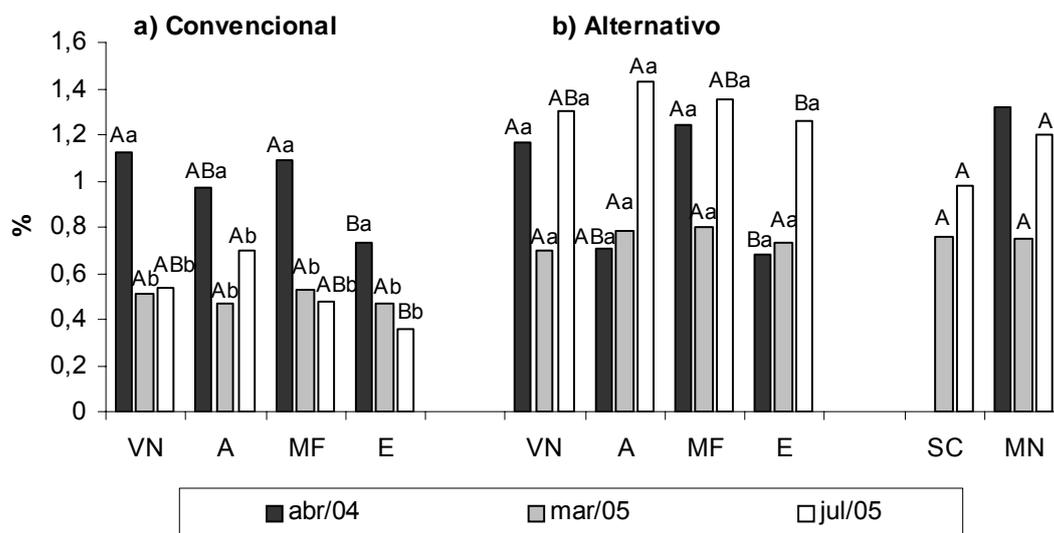


FIGURA 09. Quociente microbiano (qMic) de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Apesar de ambos os manejos não diferirem na adição de carbono orgânico total no solo, como foi visto anteriormente, e o carbono orgânico particulado ter apresentado maiores valores no manejo convencional, os resultados do qMic no manejo alternativo foram maiores.

Segundo Wardle et al. (1994), em circunstâncias em que a biomassa encontra-se sob algum fator de estresse, o qMic diminui. Ao contrário, com a adição de matéria orgânica ou com a mudança do fator limitante para uma condição favorável, a biomassa pode aumentar rapidamente, mesmo se os teores de carbono orgânico permanecerem inalterados (Powelson et al., 1987), como observado no manejo alternativo.

Entre as coberturas, diferenças significativas ocorreram nas coletas de abril e julho com maiores valores de q_{Mic} nos tratamentos vegetação nativa, mistura de forrageiras e aveia e menores no tratamento com a leguminosa ervilhaca (Figura 09 e Apêndice 12). Segundo Lutzow et al. (2002), os valores do quociente microbiano variam com o clima, pH, sistemas de culturas e de preparo de solo, quantidade e qualidade do aporte de carbono.

Como a disponibilidade de carbono é uma variável que direciona o q_{Mic} , a maior diversidade de resíduos deixados nas coberturas com vegetação nativa e mistura de forrageiras e o maior volume de raízes da aveia como fonte de material orgânico para o solo, quando comparado com a leguminosa ervilhaca, podem estar favorecendo ao longo do tempo, que mais C seja fixado nas células microbianas, afetando desse modo, a relação carbono microbiano carbono orgânico.

Mercante et al. (2005), em Argissolo Vermelho cultivado com mandioca sob sistemas de manejo convencional e direto com diferentes coberturas, concluíram que, de um modo geral, os mais elevados valores de C microbiano foram verificados na mata nativa e nos sistemas direto com cobertura de sorgo, mucuna e milheto.

Nas áreas nativas, apesar de não serem observadas diferenças significativas entre elas, há uma tendência dos maiores valores de q_{Mic} ocorrerem na mata. Leite et al. (2003), em Argissolo Vermelho Amarelo com cultivo de milho com adubação orgânica e mineral, também encontraram maior quociente microbiano no solo sob Floresta Atlântica. Maior relação CBM:COT na mata nativa em relação aos demais sistemas estudados (campo nativo, monocultivo de *Pinus*) também foram encontrados por Baretta et al. (2005), em Latossolo Bruno da região do Planalto Sul Catarinense.

5.1.4. Respiração microbiana

A respiração microbiana (RM) do solo, obtida após vinte dias de incubação apresentou valores médios entre 82 e 186 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo (Figura 10 e Apêndice 13). As coberturas verdes não promoveram diferenças significativas (Apêndice 07) na respiração microbiana do solo sob videira. Os manejos das coberturas, no entanto,

influenciaram a respiração microbiana apresentando comportamento distinto nas diferentes épocas de coleta das amostras de solo (Figura 10 e Apêndice 13).

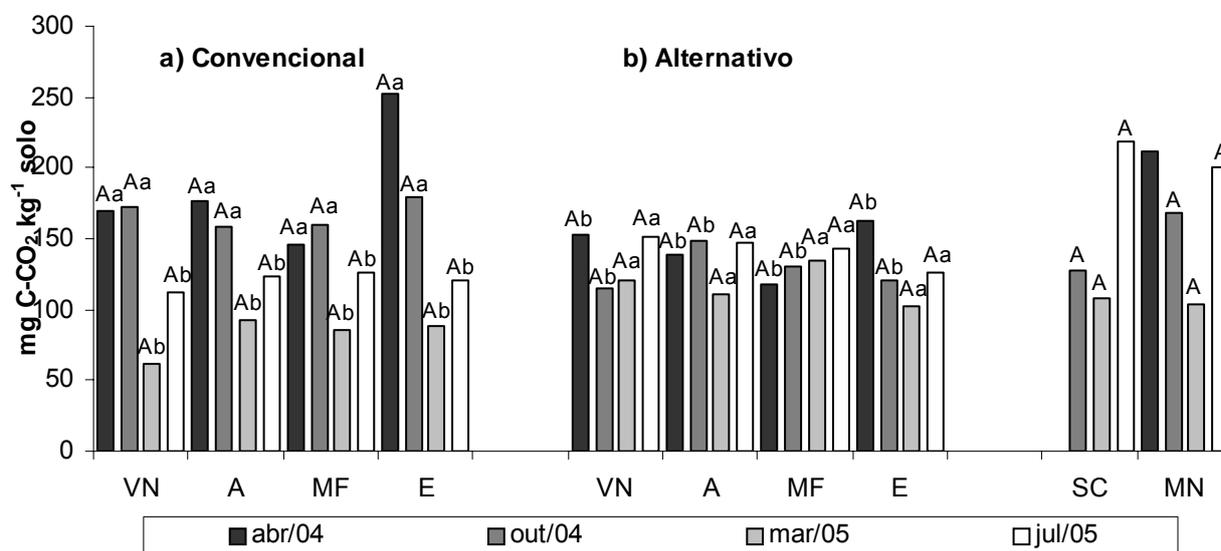


FIGURA 10. Respiração microbiana de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em março e julho de 2005, a RM apresentou o mesmo comportamento do CBM, com maiores valores para o manejo alternativo em relação ao convencional. Inversamente, as coletas de abril e outubro apresentaram maiores valores no manejo convencional (Figura 10). Parte desse comportamento pode ser explicada por uma rápida oxidação devido a um pequeno estímulo temporário (adição de resíduos vegetais após a dessecação das coberturas), refletindo na atividade microbiana do solo através da RM. Em outubro de 2004 o alto crescimento vegetativo das espécies usadas como coberturas verdes observadas neste período, pode estar estimulando a maior respiração microbiana nessa época de coleta.

Os valores de RM encontrados foram bastante uniformes não apresentando diferenças significativas (Apêndice 07) em relação às coberturas avaliadas. A mata

nativa e a área sem cultivo de videira não diferiram entre si, com valores entre 104 mgC-CO₂ kg⁻¹ solo e 218 mgC-CO₂ kg⁻¹ solo (Figura 10 e Apêndice 13).

A maior redução da atividade microbiana determinada através da RM ocorreu em março de 2005 no manejo convencional. Comportamento semelhante também foi observado para o CBM no mesmo período. O menor teor de umidade do solo (Figura 07 e Apêndice 02), devido à baixa precipitação ocorrida nesta época (Apêndice 04), anteriormente mencionada, pode ter influenciado negativamente a população microbiana e refletido na biomassa e respiração microbiana do solo.

Uma alta atividade microbiana no solo somente poderá ocorrer, se houver uma adequada disponibilidade de água aos microrganismos, uma vez que a água é essencial aos processos biológicos e possui elevada participação na composição celular. Além disto, o teor de água no solo influencia diretamente quantitativa e qualitativamente a atividade dos microrganismos por determinar a composição das populações microbianas e o tipo de metabolismo (aeróbio, microaeróbio ou anaeróbio) dominante num determinado local (Alexander, 1999).

Espindola et al. (2001) também observaram variações da respiração e do quociente metabólico do solo com a temperatura do ar e a taxa de precipitação pluviométrica. Outros trabalhos, como o de Alvarez et al. (1995), também relatam maiores níveis de atividade microbiana com o aumento da temperatura e da umidade do solo.

A menor umidade do solo ocorrida em março de 2005 causou maior efeito no solo sob manejo convencional refletindo na redução da biomassa microbiana (51%) e na respiração microbiana (56%) em relação às outras épocas de coleta. O solo sob manejo alternativo também sofreu redução em seus atributos biológicos (CBM redução de 18% e RM redução de 44%), porém estes efeitos foram menos aparentes.

5.1.5. Quociente metabólico

A avaliação da biomassa ou respiração microbiana feita isoladamente pode, freqüentemente, fornecer apenas informações limitadas sobre as respostas do sistema solo a estresses ou perturbações. Outras avaliações, portanto, podem ser conduzidas

juntamente com a determinação dessas características, como o quociente metabólico (qCO_2).

A taxa de respiração por unidade de biomassa microbiana (qCO_2), apresenta-se como uma variável de determinação mais adequada para o entendimento destas relações. Neste estudo, o qCO_2 apresentou-se de forma distinta em relação aos tratamentos (Figura 11), sendo observadas interações entre as diferentes coberturas e os dois manejos testados (Apêndice 07) na coleta realizada em julho/2005.

De uma forma geral, o manejo alternativo apresentou em média menor quociente metabólico sendo que somente em julho de 2005, esta diferença foi significativa (Apêndice 07). A medida do qCO_2 ($0,015 \text{ mgC-CO}_2 \text{ mg Cmic}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) desses tratamentos foi próximo ao valor encontrado na mata nativa ($0,019 \text{ mgC-CO}_2 \text{ mg Cmic}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) (Apêndice 14).

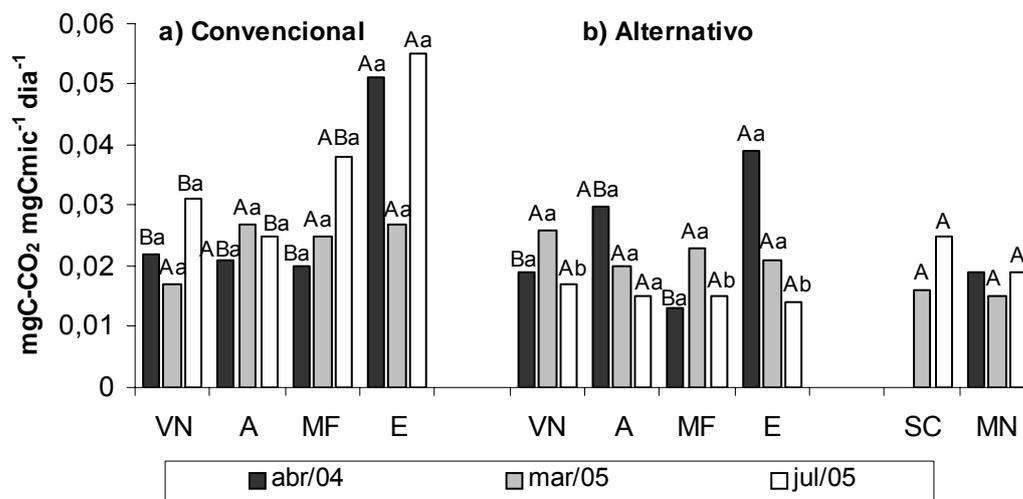


FIGURA 11. Quociente metabólico (qCO_2) de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Moreira e Malavolta (2004), em um estudo avaliando as alterações na atividade e biomassa microbiana em solo submetido à sucessão de cobertura vegetal e manejo na Amazônia Ocidental, também observaram menor quociente metabólico em

floresta primária. Outros trabalhos também encontraram menores valores do qCO_2 nas áreas nativas em relação às áreas cultivadas (Islam e Weil, 2000; Baretta et al., 2005).

Maiores valores de qCO_2 também foram encontrados por Santos et al. (2005), em solos sob rotação de cultura de milho e feijão e tratados com herbicidas (fluazifop-p-butil e fomesafen) com diferentes concentrações em dois sistemas de cultivo. Estes autores observaram que o valor de qCO_2 em solo sob plantio convencional foi 13% superior ao observado no plantio direto, evidenciando a maior estabilidade deste último sistema de cultivo. Da mesma forma, a aplicação dos diferentes herbicidas, nas concentrações testadas, promoveu maior aumento no qCO_2 quando no plantio convencional, ou seja, o impacto negativo da aplicação desses herbicidas sobre a microbiota do solo é diminuída no plantio direto.

A redução dos valores do CBM associada ao aumento da respiração microbiana e qCO_2 indica que a biomassa microbiana estaria liberando nutrientes para a solução do solo. Tais nutrientes poderiam então ser absorvidos pela videira ou pelas espécies de coberturas consorciadas. Por outro lado, nas áreas nativas, o aporte contínuo de resíduos promovem maiores valores de C microbiano e menores de qCO_2 , sugerindo que a biomassa microbiana funciona como um compartimento de reserva de nutrientes.

5.1.6. Atividade das enzimas do solo

5.1.6.1. Atividade da β -glucosidase

A atividade da enzima β -glucosidase foi bastante uniforme entre os tratamentos estudados nas coletas realizadas em outubro e março (Figura 12). A maior variação ocorreu em abril de 2004, com maior atividade nos tratamentos sob manejo convencional em relação ao alternativo. Em geral, a maior atividade da β -glucosidase foi determinada na mata nativa com exceção das amostras de solo coletadas em março de 2005, que também apresentaram menor atividade desta enzima para os demais tratamentos (Figura 12 e Apêndice 15).

A atividade média desta enzima variou entre 112 e 198 $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Apêndice 15) estando dentro da faixa de variação estabelecida por Dick et al. (1996), entre 38 e 720 $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para esta enzima.

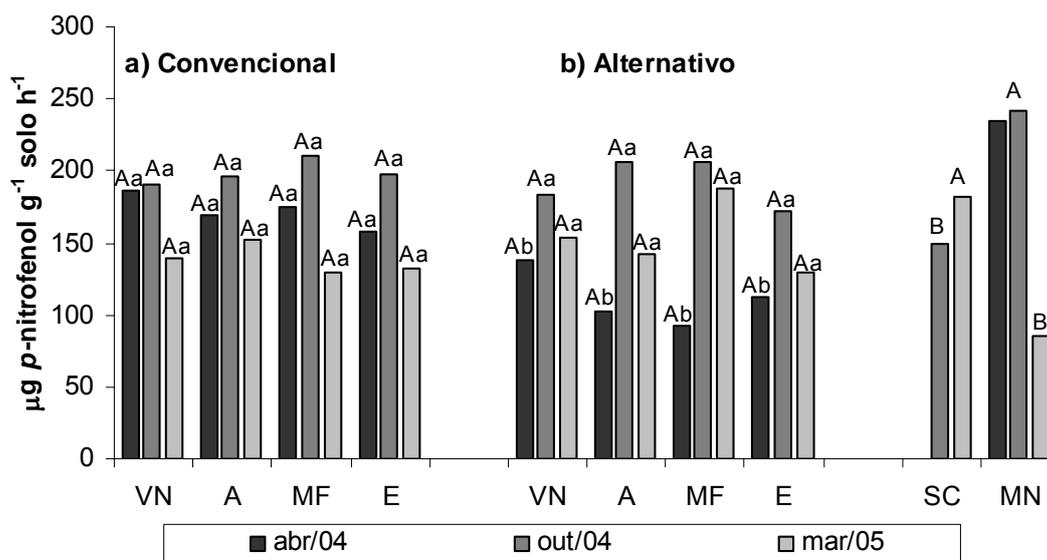


FIGURA 12. Atividade da enzima β -glucosidase de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em solos cultivados com videira, menores atividades da β -glucosidase foram encontradas por Matsuoka et al. (2003), em Latossolo Vermelho Amarelo na profundidade de 0 a 5 cm (41 a $78 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e 5 a 20 cm (19 a $72 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Contrariamente, valores superiores da atividade desta enzima ($922 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo}^{-1} \text{ h}^{-1}$) foram observados por Caravaca et al. (2002), em vinhedos no Centro Oeste da Itália, na profundidade de 0 a 20 cm.

Diferenças significativas entre os manejos avaliados ocorreram apenas na coleta realizada em abril de 2004 (Apêndice 09), com maiores valores encontrados no manejo convencional. A β -glucosidase participa das reações de degradação de

açúcares simples, catalisando reações de hidrólise de maltose e celobiose, cujos produtos são fontes de energia para os microrganismos do solo (Tabatabai, 1994). Assim, o tipo de material mais prontamente degradável, resultante da recente dessecação das espécies vegetais de cobertura verde pode estar favorecendo a atividade desta enzima neste período. Este efeito, porém, é temporário, uma vez que a maior atividade desta enzima no manejo convencional não se repete nas demais épocas de coleta.

A mata nativa apresentou maior atividade da enzima β -glucosidase em relação aos demais tratamentos. Somente em março de 2005 este comportamento não se repetiu, apresentando uma menor atividade ($85 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$) quando comparada com as outras épocas de coleta.

Caravaca et al. (2002), também encontraram maior atividade da β -glucosidase em solos sob áreas nativas em relação à área cultivada com videira por um ano. Inversamente, Matsuoka et al. (2003), em parreirais de Primavera do Leste/MT e Oliveira (2000) em solos sob pastagens e culturas anuais na região de Planaltina/DF, observaram maior atividade desta enzima nas áreas cultivadas, quando comparadas à vegetação de cerrado.

A atividade da β -glucosidase está relacionada à capacidade potencial do solo em decompor material orgânico. No entanto, deve ser levada em consideração a composição química dos resíduos orgânicos que são retornados ao solo nas áreas com cultivos agrícolas e sob vegetação nativa. Badiane et al. (2001), analisando a atividade de diferentes enzimas, entre elas a β -glucosidase e a amilase, em áreas naturais e sob pousio do Senegal, observaram que a atividade destas duas enzimas foram significativamente mais altas nos solos sob pousio mais antigos. E ainda, que as mudanças na vegetação de cobertura e, especialmente, na qualidade desta vegetação podem explicar as diferenças nas atividades enzimáticas.

A maior atividade da β -glucosidase nas áreas sob coberturas verdes ocorreu em outubro de 2004 (198 e $192 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo}^{-1} \text{ h}^{-1}$), sendo em média superior à atividade encontrada no tratamento sem cultivo de videira e com gramíneas espontâneas ($150 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo}^{-1} \text{ h}^{-1}$) (Figura 12 e Apêndice 15). Neste

período, a maior atividade desta enzima pode estar associada ao alto crescimento vegetativo e maior acúmulo de resíduos vegetais, que podem estar funcionando como estímulo para sua produção. Bandick e Dick (1999) também observaram atividade superior desta enzima em áreas de cultivo com adições de resíduos orgânicos rico em N, em relação a áreas com pastagens contínuas.

5.1.6.2. Atividade da Fosfatase ácida

A fosfatase ácida comportou-se de forma homogênea, não apresentando diferenças significativas entre as coberturas e manejos avaliados (Figura 13 e Apêndice 16) com médias entre 456 e 673 $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$. Menores atividades da fosfatase ácida em solos sob cultivo de videira foram encontrados por Caravaca et al. (2002) ($340 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$) e Matsuoka et al. (2003) (médias entre 237 e $320 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$).

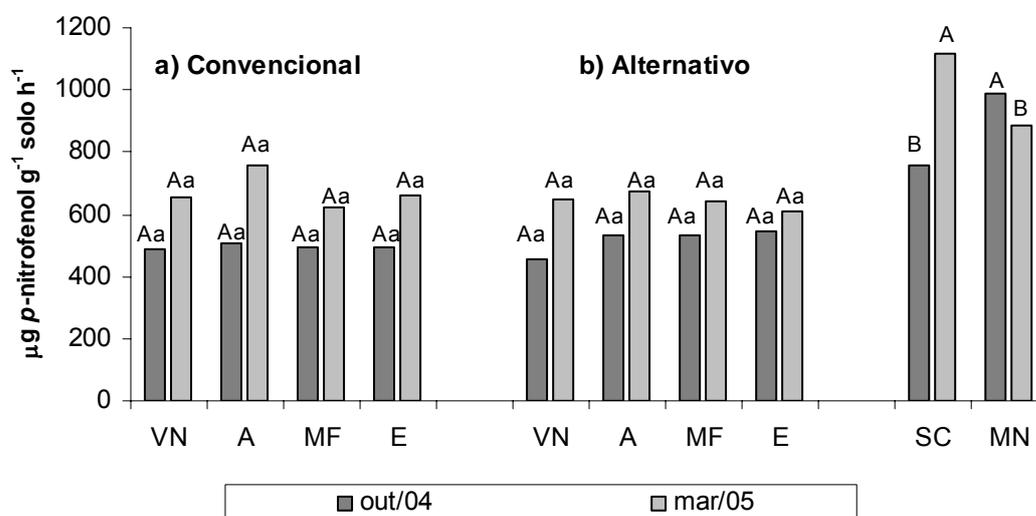


FIGURA 13. Atividade da enzima Fosfatase ácida de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A área de referência mata nativa (MN) e o tratamento sem cultivo de videira (SC) apresentaram atividades mais elevadas para esta enzima, variando entre 883 e 990 $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ para MN e 757 a 1116 $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ no tratamento SC (Figura 13). Conte et al. (2002), também em solos do Rio Grande do Sul, verificaram valores próximos aos deste trabalho (entre 534 e 656 $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ em solos sob cultivo em sistema plantio direto e de 1.504 $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ em solo sob mata nativa).

Vários trabalhos na literatura têm evidenciado o mesmo comportamento da atividade desta enzima em diferentes solos (Carneiro et al., 1999; Mendes et al., 2003; Matsuoka, 2001; Caravaca et al., 2002; Schmitz, 2003).

Os sistemas naturais, como florestas e campos nativos, conseguem auto-sustentar-se sem adição de fertilizantes fosfatados, mesmo em solos com baixa disponibilidade de fósforo (Conte et al., 2002). Em adição, a maior diversidade de espécies vegetais na mata nativa e o maior volume de raízes da área sem cultivo de videira e com presença de gramíneas nativas podem também estar favorecendo a atividade da fosfatase ácida, visto que esta enzima pode ser produzida por plantas e excretada por raízes de diversas espécies vegetais (Garcia et al., 1997b).

Neste estudo, os altos níveis de fósforo encontrados na área sob cultivo de videira (Tabela 01), resultado das freqüentes adubações realizadas no parreiral, podem ser uma das respostas à menor atividade desta enzima nestas áreas. Segundo Tabatabai (1994), o uso de fertilizantes fosfatados promove aumentos nos teores de P disponível no solo, que são acompanhados por reduções na atividade da fosfatase.

Por outro lado, Conte et al. (2002), não verificaram influência da adição de fosfato ao solo no sistema plantio direto na atividade da fosfatase ácida. Nesse estudo, este comportamento foi atribuído à alta afinidade do fósforo com os colóides minerais, especialmente os óxidos de ferro e alumínio, abundantes no solo estudado, que adsorvem o P e reduzem o seu efeito inibidor sobre a atividade desta enzima.

No presente trabalho, deve-se destacar também a contribuição dos altos teores de matéria orgânica encontrados no Cambissolo estudado na promoção de aumentos da atividade da fosfatase ácida, mesmo nos solos cultivados com videira. Desta forma, a matéria orgânica, além de seus efeitos benéficos sobre a comunidade

microbiana, protege e mantém as enzimas do solo em suas formas ativas, pela formação de complexos enzima-compostos húmicos (Dick et al., 1988).

5.1.6.3. Atividade da Urease e Amidase

A atividade das enzimas ligadas ao ciclo do nitrogênio, amidase e urease, apresentou comportamentos distintos entre as épocas de coleta (Figuras 14 e 15) com diferenças significativas entre espécies de coberturas para urease (março 2005), entre manejos para ambas e também, apresentando interação (cobertura x manejo) significativa para amidase em março de 2005 (Apêndice 09).

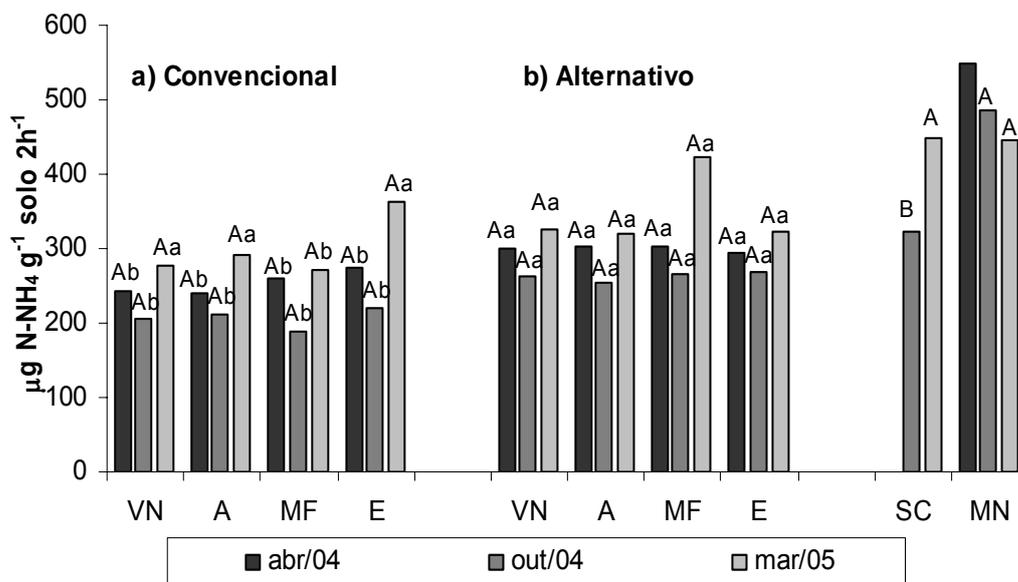


FIGURA 14. Atividade da enzima amidase de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De uma forma geral, a maior atividade destas enzimas ocorreu no manejo alternativo em relação ao convencional sendo que esta diferença entre manejos foi em média menor na atividade da enzima urease (Apêndices 17 e 18). A mata nativa

apresentou maior atividade para as duas enzimas estudadas em todas as épocas de coleta (Figuras 14 e 15).

A atividade da amidase variou em média entre 207 e 347 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$ nas áreas cultivadas com videira (Figura 14 e Apêndice 17). Estes resultados são coerentes com a faixa de variação para esta enzima, estabelecida por Dick et al., (1996) de 22 a 422 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$.

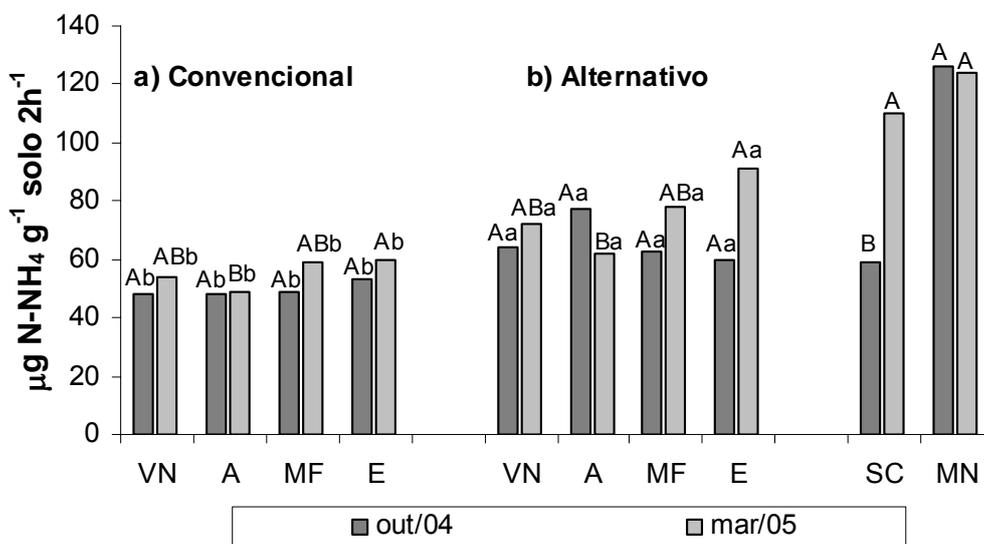


FIGURA 15. Atividade da enzima urease de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (VN=vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF= mistura de forrageiras; E= ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A urease apresentou comportamento semelhante ao da amidase porém, com menores valores aos da enzima anterior entre 50 e 56 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$ no manejo convencional e 66 e 76 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$ no manejo alternativo (Figura 15). Schmitz (2003), em Argissolo sob diferentes coberturas vegetais e práticas de manejo, obteve valores da atividade desta enzima entre 31 e 164 $\mu\text{gN-NH}_4\text{g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$. Caravaca et al. (2002), também encontraram ampla diferença na atividade da enzima

urease em solo cultivado com videira de $124 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-2}$ e mata nativa $1028 \mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-2}$.

Tanto a atividade da amidase quanto da urease nas áreas nativas MN e SC foram superiores às áreas cultivadas. Ambas enzimas podem ser consideradas dependentes da atividade microbiana, sua ocorrência é grande em plantas e microrganismos. Além disso, a maior quantidade de urease e amidase presentes nas áreas naturais provavelmente é produzida pela rizosfera mais abundante nelas presente.

Em adição, Pancholy e Rice (1973), estudando a atividade de diversas enzimas como a urease e desidrogenase em diferentes estágios de sucessão vegetal, encontraram baixas atividades dessas duas enzimas nos estágios iniciais e aumento das mesmas com o progresso das sucessões vegetais. Os autores atribuem o comportamento observado das enzimas no solo ao tipo de vegetação e ao tipo de matéria orgânica adicionada durante a sucessão. Schmitz (2003) ainda indica que o nível de atividade da urease possa ter relação com a complexidade atingida pelo sistema.

O tipo de vegetação e quantidade do material orgânico incorporado influencia a atividade da urease. Longo e Melo (2005) observaram que o tipo de cobertura vegetal alterou a atividade da urease, a qual tendeu a ser mais elevada nas culturas permanentes não manejadas (pinus e eucalipto). Palma e Conti (1990) também observaram que, em solos sob vegetação de eucalipto, há alta concentração de lignina e celulose no material orgânico incorporado, o que pode provocar mudanças na comunidade de microrganismos do solo, acarretando mudanças na atividade enzimática.

O manejo convencional afetou negativamente a atividade dessas enzimas, como pode ser observado nas coletas de abril e outubro de 2004 para amidase e março de 2005 para urease, apresentando valores significativamente menores aos do manejo alternativo (Apêndices 17 e 18). A aplicação de diferentes agrotóxicos influencia as enzimas do solo, ora estimulando, ora inibindo sua atividade. Contrariando os resultados encontrados neste trabalho, Sannino e Gianfreda (2001), estudando a influência de quatro pesticidas na atividade da invertase, urease e fosfatase em vinte e

dois solos, observaram diferentes resultados enzimáticos com aumento da atividade de invertase e urease, sendo esta última em menor magnitude com a aplicação de glifosato e paraquat. A inibição da atividade da fosfatase na presença de glifosato também foi observada.

Em março de 2005 a atividade da enzima urease apresentou diferenças significativas (Apêndice 09) em relação às coberturas, com maiores valores naquelas que foram incluídas leguminosas em sua composição como ervilhaca, mistura de forrageiras (trevo branco e trevo vermelho) e vegetação nativa (leguminosas nativas espontâneas). Resultados semelhantes foram encontrados em outros trabalhos (Chavarria-Carvajal e Rodriguez-Kabana 1998; Schmitz, 2003) evidenciando a importância da rotação e consorciação de culturas com leguminosas para a ciclagem de nitrogênio dos solos.

Chrisóstomo et al. (2005), em um experimento em Santo Antônio de Goiás/GO com cultivo orgânico de feijoeiro em plantio direto e convencional em seqüência ao sorgo forrageiro, crotalária e vegetação espontânea, observaram reduções para a atividade da urease em torno de 64% comparada à mata nativa, independente do sistema de preparo do solo. Além disso, o solo que recebeu palhada de crotalária apresentou maior atividade da urease.

5.1.7. Atributos biológicos do solo e o efeito sazonal

No estudo o efeito sazonal foi evidente, apresentando diferenças significativas para todos os atributos avaliados porém, com interação significativa (coberturas x épocas de coletas) somente para o carbono da biomassa microbiana, respiração microbiana e atividade da β -glucosidase (Apêndice 31). A umidade do solo foi o fator que mais influenciou os atributos biológicos nos tratamentos avaliados. Outros trabalhos também demonstraram efeito sazonal na atividade das enzimas do solo e na avaliação da biomassa e respiração microbiana (Palma e Conti 1990; Cattelan e Vidor 1990; Schmitz, 2003).

O efeito das espécies utilizadas como coberturas verdes nos atributos biológicos estudados não foi expressivo. Este fato pode ser devido à uniformidade de

crescimento dessas plantas, proporcionando uma cobertura homogênea no solo do parreiral. Esta uniformidade aliada ao recente tempo de uso das coberturas verdes no parreiral (4 anos) pode ter influenciado estes resultados. Certamente, ainda estão ocorrendo alterações quantitativas e qualitativas na população microbiana nestes solos, que ainda não foram determinadas neste estudo.

5.1.8. Representação integrativa dos atributos biológicos do solo

Em busca de uma visão mais geral dos processos ocorridos no solo cultivado com videira e sob diferentes coberturas e manejo destas, foi empregado um modelo usado por Schmitz (2003), onde o resultado da avaliação do atributo biológico do solo de cada tratamento é dado como uma porcentagem da atividade verificada no tratamento referência (100%), que, neste caso, é a área sem cultivo de videira (Figura 16). No modelo, os resultados do carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana (RM), quociente microbiano (qMic) e quociente metabólico ($1/qCO_2$) e a atividade das enzimas β -glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease foram dispostos em eixos específicos com origem comum, e os valores em porcentagem, estabelecidos para cada tratamento sobre cada eixo, foram ligados entre si, formando um polígono específico para cada tratamento (Figura 16).

Este polígono possibilita uma avaliação mais globalizada de quanto a microbiota do solo e sua atividade foram influenciadas pelos tratamentos de coberturas e manejo em relação ao tratamento referência e entre os mesmos. Para melhor visualização foram criados dois modelos distintos, um para o manejo convencional e outro para o manejo alternativo.

Na Figura 16 e Apêndice 34, é possível observar os resultados obtidos no presente estudo resumidamente. A mata nativa apresentou valores próximos e até similares aos encontrados na área sem cultivo de videira somente para a respiração microbiana (113%) e atividade das enzimas β -glucosidase (113%) e fosfatase ácida (100%). Para os demais atributos, os valores percentuais encontrados na mata nativa foram superiores, chegando a 148% para a atividade da urease (Apêndice 34).

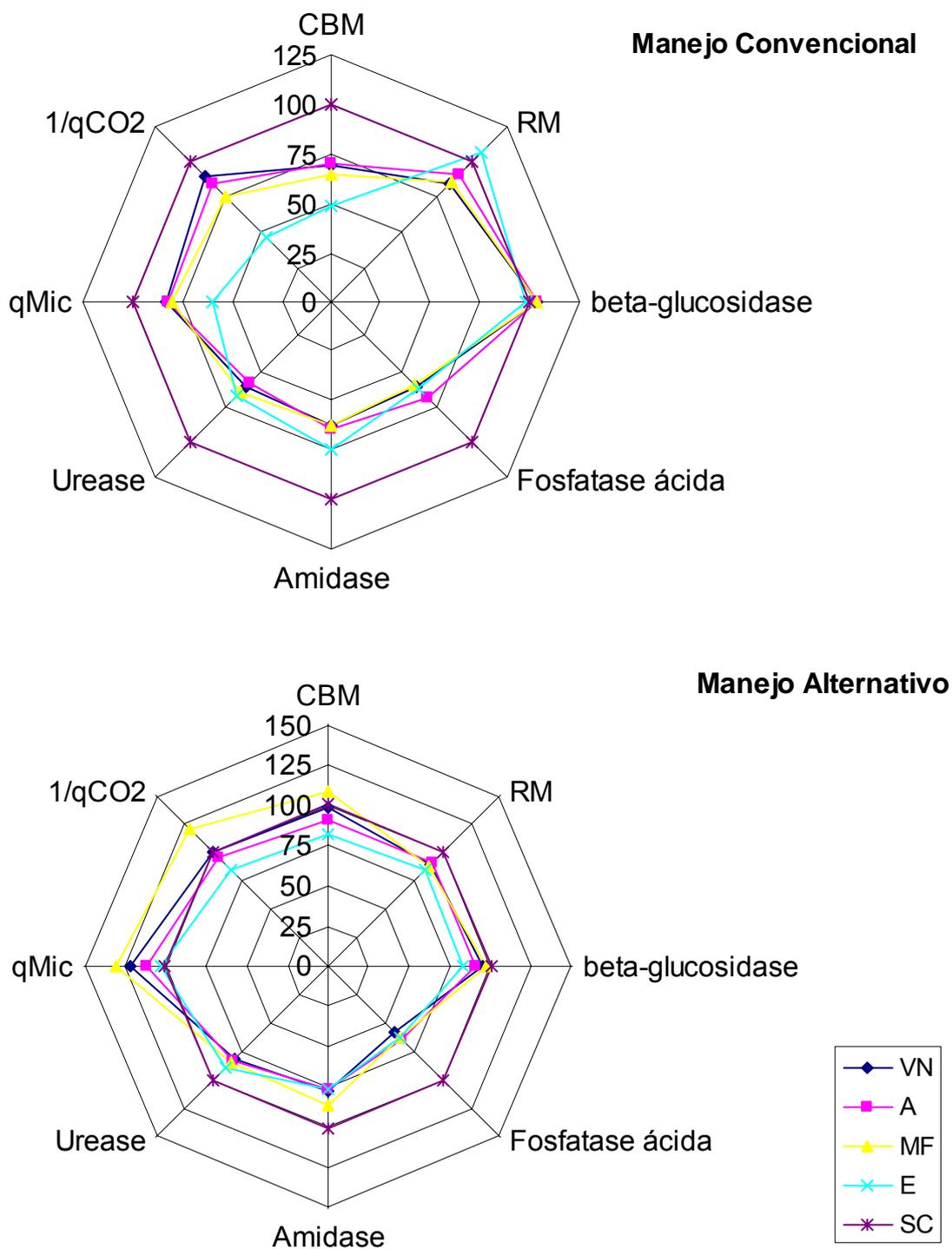


FIGURA 16. Representação integrativa (%) dos atributos biológicos de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa como referência na profundidade de 0 a 10 cm. (VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira).

De forma geral, o polígono que representa o manejo convencional foi ampliando sua área em função dos tratamentos aveia (A), vegetação nativa espontânea (VN) seguidos pelos tratamentos mistura de forrageiras (MF) e ervilhaca (E). No manejo alternativo, este comportamento ocorreu em função dos tratamentos com maior diversidade de espécies de coberturas como a mistura de forrageiras e vegetação nativa espontânea seguidos pelo cultivo da aveia e por fim, como no manejo convencional, pela ervilhaca. O crescimento da área do polígono representa a recuperação dos atributos biológicos em relação à área sem cultivo de videira (SC). Este comportamento, entretanto, não se deu de maneira uniforme tanto para os tratamentos de coberturas como para os manejos, tendo sido recuperado mais eficientemente para alguns atributos do que para outros.

Neste sentido, verifica-se que a respiração microbiana e a atividade da β -glucosidase nos tratamentos com manejo convencional ficaram em média com valores de 92% e 102% respectivamente em relação aos valores encontrados na área sem cultivo de videira (Apêndice 34). No manejo alternativo, no entanto, este comportamento não se repetiu para a respiração microbiana, sendo a biomassa microbiana (95%), a atividade da β -glucosidase (102%), o quociente microbiano (116%) e o quociente metabólico (100%) as características que mais se destacaram. Estes foram os atributos biológicos que se aproximaram e superaram os resultados encontrados na área de referência (SC).

De uma forma geral, o CBM, o q_{Mic} e o q_{CO_2} foram os indicadores biológicos que sofreram maior influência dos diferentes tratamentos de cobertura e manejo e/ou foram mais sensíveis em detectar estas mudanças, apresentando uma maior faixa de variação em relação à área sem cultivo de videira. Considerando que os indicadores de qualidade do solo devem ter sensibilidade o suficiente para indicar alterações decorrentes do uso, é possível verificar que o CBM e suas relações q_{Mic} e q_{CO_2} apresentaram um bom desempenho para tal. Por esse motivo, eles estão entre os atributos de grande importância em estudos da qualidade do solo.

A atividade da β -glucosidase demonstrou grande recuperação no solo cultivado com videira e sob diferentes coberturas e, para os dois manejos testados. Vários trabalhos têm indicado a análise da atividade desta enzima como um bom indicador da qualidade do solo, por refletir com eficiência o efeito de diversas práticas

de manejo (Bandick e Dick, 1999, Wick et al., 2000). Porém, como todos os atributos avaliados, ela não pode ser utilizada como um indicador isolado. Por isso, deve ser sempre utilizada em conjunto com outros atributos do solo.

As enzimas ligadas ao ciclo do nitrogênio apresentaram valores percentuais médios entre 66 e 79% para amidase e 62 e 84% para a urease (Apêndice 34). Entre estas enzimas, os valores mais próximos aos da área de referência foram encontrados nas coberturas com adição de leguminosas em cultivo solteiro (E) ou em consórcio (MF). Estes resultados podem sugerir o uso de leguminosas em consórcio com outras plantas de coberturas nos parreirais como uma alternativa de melhor recuperação da atividade dessas enzimas no solo.

Por fim, através dos resultados deste estudo foi possível verificar que os atributos biológicos avaliados foram sensíveis em discriminar as áreas com coberturas verdes e seus manejos em relação à área sem cultivo de videira e a mata nativa. Porém, na distinção entre as espécies de plantas de cobertura e forma de cultivo (cultivo solteiro ou em consórcio) os resultados encontrados não foram consistentes. Assim, a continuidade deste estudo seria interessante para o acompanhamento do comportamento biológico do solo em função do tempo de uso das coberturas e do seu efeito na qualidade do solo.

5.2. Estudo 2. Atributos biológicos em Cambissolo Húmico distrófico e Neossolo Litólico distrófico cultivados com videira – Efeito de diferentes coberturas verdes.

Este estudo foi realizado em duas áreas cultivadas com videira: uma no Centro Tecnológico da Cooperativa Aurora sobre Cambissolo Húmico distrófico, e outra em uma propriedade rural denominada “Festa” sobre Neossolo Litólico distrófico. No estudo comparam-se diferentes coberturas verdes e uma área sem cultivo de videira em dois solos distintos. Uma área sob mata nativa, adjacente aos parreirais, foi utilizada como referência.

5.2.1. Carbono da Biomassa Microbiana

O carbono da biomassa microbiana (CBM) distinguiu os tratamentos avaliados, apresentando uma faixa de variação média entre 160 e 423 mgC kg⁻¹ solo (Figura 17). Valores médios mais baixos (124 e 163 mgC kg⁻¹ solo nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 20 cm respectivamente), foram encontrados por Matsuoka et al. (2003) em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico cultivado com videira.

Em geral, o maior carbono da biomassa microbiana foi encontrado na mata nativa e área sem cultivo de videira sendo que, para os tratamentos estudados, os valores médios mais elevados foram os observados na coleta de julho de 2005 e os mais baixos foram verificados na coleta de março de 2005 (Figura 17).

Em todas as épocas de coleta, diferenças altamente significativas entre as coberturas verdes foram verificadas (Apêndice 19). Em abril e julho de 2005, interação significativa ($p < 0,01$) entre os dois fatores (espécies de coberturas x solos) também

foram observadas (Apêndice 19), confirmando o potencial desta característica em responder às alterações que possam ocorrer no solo.

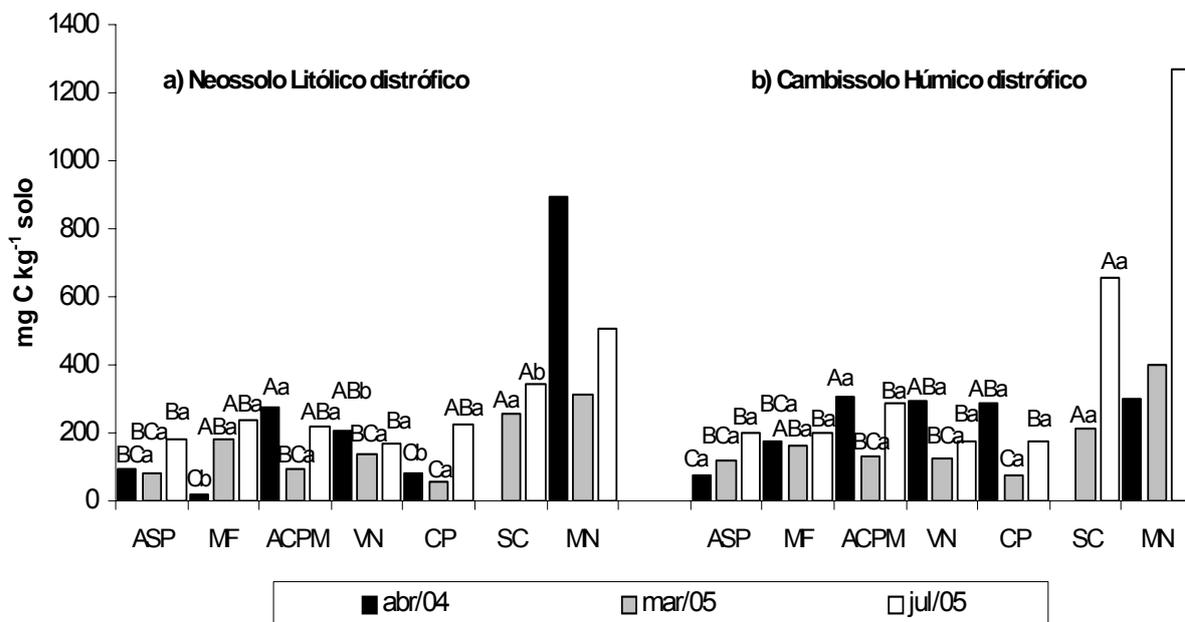


FIGURA 17. Carbono da biomassa microbiana de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os maiores valores da biomassa microbiana para as espécies de cobertura foram encontrados em abril de 2004, na cobertura de Aveia com preparo mínimo do solo (ACPM) e nas coletas de março e julho de 2005, no solo sem cultivo de videira (SC). Neste último período, os valores do CBM foram mais uniformes e em média também foram mais altos ($267 \text{ mgC kg}^{-1} \text{ solo}$ e $423 \text{ mgC kg}^{-1} \text{ solo}$) como já discutido anteriormente e observado no Apêndice 22.

Apesar da baixa diversidade de espécies vegetais na área sem cultivo de videira, a maior uniformidade de cobertura do solo com gramíneas nativas espontâneas que se estabeleceram nesta área é um fator positivo para biomassa microbiana desse

solo. Em um estudo no noroeste da França, Chabrierie et al. (2003), através de uma análise multivariada da sucessão de gramíneas para estágio de floresta primária, observaram que a biomassa microbiana e a atividade enzimática em potencial foram negativamente correlacionadas com a presença de arbustos e positivamente associadas com gramíneas. E ainda, que estas características apresentam interações com outros fatores como umidade, carbono orgânico solúvel, conteúdo de polissacarídeos e presença de lignina na biomassa da serapilheira.

Além disso, o elevado efeito rizosférico das gramíneas, amplamente documentado na literatura (Reid e Goss, 1980; Moreira e Siqueira, 2002), através da liberação de substâncias orgânicas por um sistema radicular denso e de constante renovação, pode estar favorecendo determinado grupo microbiano pela maior disponibilidade de nutrientes para a microbiota do solo no ambiente rizosférico. Outros fatores, como o não revolvimento do solo, a ausência de aplicação de defensivos e fertilizantes e o baixo trânsito de máquinas nesta área, devem também estar contribuindo com estes resultados.

No tratamento Aveia com preparo mínimo do solo (ACPM), a biomassa microbiana pode estar sendo estimulada por outro fator, não relacionado ao efeito rizosférico da planta, mas pelo manejo do solo. Neste período (abril/2004), foi realizado o preparo mínimo do solo para a semeadura da aveia. Assim, a mobilização do solo altera as taxas de aeração e incorpora os resíduos remanescentes, deixando a superfície do solo desprotegida até a germinação e o estabelecimento da cobertura de aveia. Dessa forma, o aumento temporário da aeração e a disponibilidade de nutrientes pela quebra de agregados e morte de parte da biomassa, bem como da incorporação de resíduos, resulta em estímulo à população microbiana do solo. Este estímulo, no entanto, é de curta duração, uma vez que aumentos no CBM nesse tratamento não são repetidos nas coletas seqüenciais.

A mata nativa (MN) apresentou maior CBM para os dois solos em todas as épocas avaliadas, com valores entre 312 e 892 mgC kg⁻¹ solo para o Neossolo e 297 e 1268 mgC kg⁻¹ solo para o Cambissolo (Figura 17 e Apêndice 22). Outros trabalhos comparando sistemas de preparo do solo (D'Andréa et al., 2002), diferentes culturas (Marchiori Júnior e Mello, 2000) e impacto da queima em campo nativo e monocultivo

de pinus (Baretta et al., 2005) também encontraram os valores mais elevados da biomassa microbiana na mata nativa.

O valor mais elevado do CBM na mata nativa é reflexo de um sistema que fornece continuamente materiais orgânicos com diferentes graus de resistência à decomposição. Além disso, a diversidade de espécies vegetais da mata e os compostos orgânicos depositados na rizosfera favorecem o crescimento dos diferentes grupos de microrganismos do solo. Assim, as condições distintas do solo sob mata nativa, juntamente com a ausência de perturbações antrópica, tornam possível a ocorrência de maiores teores de biomassa microbiana neste sistema.

O menor CBM foi determinado no solo coletado em março de 2005, com valores médios de 160 e 174 mgC kg⁻¹ solo para o Neossolo e Cambissolo, respectivamente. Este efeito pode estar associado à menor precipitação pluviométrica ocorrida neste período (Figura 02 e Apêndices 05 e 06), resultando em menor teor de umidade do solo (Figuras 07 e Apêndice 03) nesta época de coleta. A biomassa microbiana, por apresentar rápida ciclagem, responde intensamente a flutuações sazonais de umidade e temperatura, ao cultivo e ao manejo de resíduos (Anderson e Domsch, 1989). Da mesma forma, Cattelan e Vidor (1990), Vargas e Scholles (2000) e Gama-Rodrigues et al. (2005) verificaram que reduções na biomassa microbiana coincidiram com valores mais baixos de umidade do solo. Resultados semelhantes foram observados neste trabalho no Cambissolo Háptico eutrófico do Estudo 1.

Neste mesmo período, dentre as coberturas avaliadas, os tratamentos com aveia (ACPM e ASP) e o tratamento convencional do produtor (CP), todos no Neossolo Litólico, apresentaram maior redução, chegando a 66% no tratamento aveia com preparo (ACPM) em relação à coleta de abril de 2004 e 74% para o tratamento convencional do produtor (CP) em relação à coleta de julho de 2005 (Apêndice 22). Estas reduções demonstram a menor capacidade desses tratamentos, em manter ou recuperar a população microbiana do solo após serem submetidos a uma condição de estresse.

Além disso, na área localizada no Vale dos Vinhedos sob o Neossolo Litólico distrófico, todas as espécies de cobertura tiveram problemas no estabelecimento, com morte de plantas e pouco desenvolvimento. Este efeito, segundo Oliveira et al. (2004a), pode ter ocorrido devido ao excesso de cobre no solo (Tabela 02). Nesta área, os

valores de cobre na camada de 0 a 10 cm chegaram a 636 mg L^{-1} , o que acarretou fitotoxidez, com prejuízo no estabelecimento e desenvolvimento das plantas de cobertura. As espécies semeadas, como a aveia, apresentaram clorose nas folhas, e as leguminosas, trevo branco e trevo vermelho, pouco desenvolvimento. Em alguns locais dentro dessa área, as espécies semeadas e nativas não se estabeleceram, ficando o solo descoberto. Este efeito também pode ser observado quando é comparada a produção de matéria seca da parte aérea das plantas de coberturas (Apêndice 33). Para todos os tratamentos, o Neossolo Litólico apresentou menor biomassa vegetal em relação ao Cambissolo Húmico e, similarmente, maior teor de cobre (Tabela 02).

O menor valor da biomassa microbiana encontrado no Neossolo Litólico em todas as épocas de coletas, com exceção da coleta de abril de 2004 (Figura 17), também pode ter sido influenciado pelo alto teor de cobre no solo, apesar de não ter havido correlação significativa entre os teores do elemento e a biomassa microbiana. Resultados semelhantes foram verificados por Chander e Brookes, (1991 e 1993), em solos com altos níveis de Cu e Zn. Estes autores encontraram decréscimo de 12% na biomassa microbiana e 50% no carbono orgânico do solo e, quando os dois metais foram combinados, este decréscimo da biomassa chegou a 53% sugerindo ainda, um efeito de interação que não pode ser negligenciado.

Além disso, a biomassa microbiana em solos poluídos com metais pesados é menos eficiente na utilização de substratos para a própria síntese de constituintes celulares, assim como necessita de mais energia para sua própria manutenção (Chander e Joergensen, 2001).

5.2.2. Carbono orgânico do solo

Os valores do carbono orgânico total (COT) em ambos os solos foram altos, com teores médios de $36,7$ e $43,6 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 18). Em solo arenoso da Itália com diferentes manejos e culturas, Caravaca et al. (2002) observaram valores do COT de $3,2 \text{ g kg}^{-1}$ em solo cultivado com videira e $21,3 \text{ g kg}^{-1}$ em solo sob mata nativa, ambos inferiores aos encontrados neste estudo.

Em geral, os maiores teores do carbono orgânico total nos tratamentos estudados foram observados no Cambissolo Húmico e nas áreas sob mata nativa em

ambos os solos. Neste solo, maior produção de matéria seca da parte aérea das espécies usadas como coberturas também foi encontrada (Apêndice 33), refletindo no maior acúmulo de carbono orgânico total deste solo.

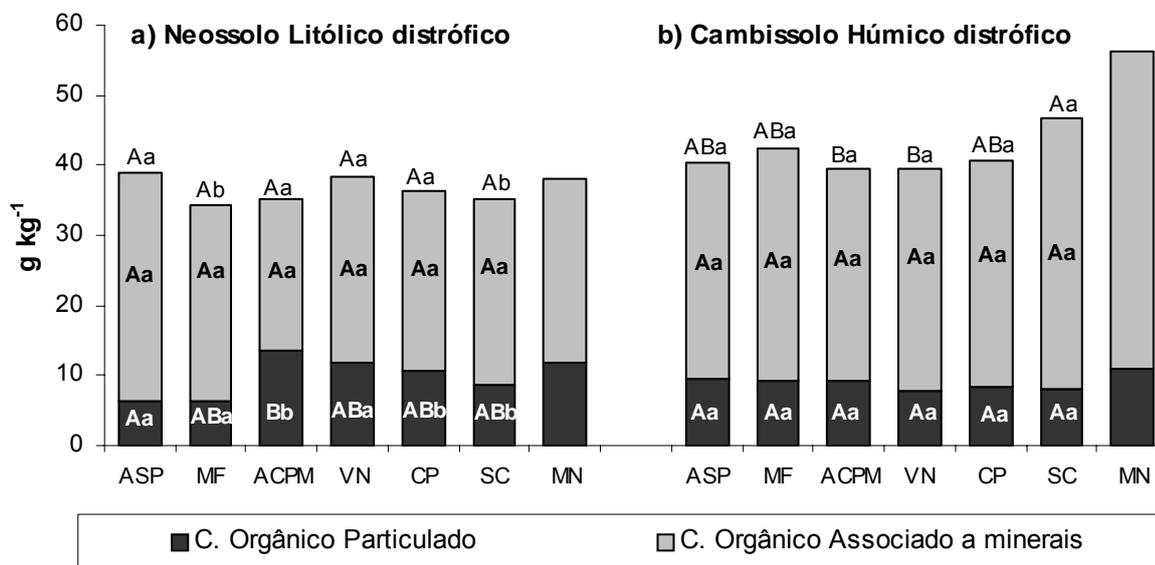


FIGURA 18. Carbono orgânico total (COT) e suas frações carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado a minerais (COAM) de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). (O Carbono orgânico total esta representado pela altura total da barra). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A fração particulada (COP) não apresentou diferenças entre as espécies de coberturas e os dois solos estudados com valores médios semelhantes de 9,9 e 9,1 g kg⁻¹ (Apêndice 23). O carbono orgânico associado a minerais (COAM), no entanto, apresentou comportamento inverso ao COP, com variações tanto para as coberturas como para os solos.

Resultados distintos foram observados por Bayer et al. (2004), comparando solos sob plantio convencional e direto em diferentes rotações de culturas. Estes autores observaram que o carbono na matéria orgânica particulada foi mais fortemente influenciado pelas alterações no manejo do solo em comparação ao estoque de

carbono orgânico total. E ainda, que o carbono na matéria orgânica associada a minerais não foi afetado pelos sistemas de manejo nas diferentes camadas do solo, não diferindo estatisticamente na camada de 0 a 20cm.

A análise de variância do carbono orgânico total (COT) e suas frações carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado a minerais (COAM) são apresentados no Apêndice 20.

O Neossolo Litólico apresentou comportamento uniforme do COT, não havendo diferença significativa entre as coberturas avaliadas. Já no Cambissolo Húmico, o COT variou significativamente entre as coberturas, com maiores teores no tratamento sem cultivo de videira (SC), seguidos da mistura de forrageiras (MF), do convencional do produtor (CP), e aveia sem preparo de solo (ASP) (Figura 18).

A área sem cultivo de videira é mantida coberta durante todo o ano e não sofre nenhum tipo de mobilização do solo. Esta condição de entrada contínua de material orgânico, principalmente pelas raízes das gramíneas nativas, e a maior estabilidade do sistema proporcionando uma decomposição mais lenta e menor perda de carbono, pode estar favorecendo o acúmulo de carbono orgânico no solo, refletindo nos teores de COT encontrados nesta área.

Em ambos os solos, os teores de matéria orgânica foram altos (Tabela 02), com destaque para o Cambissolo Húmico que apresentou valores uniformes (em torno de 7%) e também maiores teores médios de COT. A relação entre a matéria orgânica do solo, os microrganismos e a sua estruturação são importantes. Enquanto a matéria orgânica e os microrganismos estabilizam a estrutura, uma boa estrutura protege fisicamente a matéria orgânica e os microrganismos do solo, formando um circuito complexo e intimamente ligado entre a agregação, microbiota e matéria orgânica (Moreira e Siqueira, 2002). Qualquer interferência em um destes componentes tem conseqüências para a agregação e para as frações da matéria orgânica no solo.

No Cambissolo Húmico, os menores teores de COT foram observados nos tratamentos aveia com preparo mínimo do solo ($39,4 \text{ g kg}^{-1}$) e vegetação nativa espontânea ($39,4 \text{ g kg}^{-1}$). Provavelmente, a mobilização do solo na semeadura da aveia além de interferir na estrutura do solo, promove perdas do carbono orgânico por mineralização e erosão. Como as culturas de inverno dos demais tratamentos foram semeadas diretamente, sem revolvimento do solo, os resíduos das coberturas

remanescentes foram mantidos na superfície. Além disto, com adição anual e a manutenção desses resíduos, pode ter havido maior concentração de raízes na camada superficial do solo, possibilitando um maior acúmulo de carbono orgânico.

Apesar da diversidade de plantas encontrada no tratamento com espécies nativas espontâneas, a menor produção de massa seca da parte aérea que é depositada no solo pode estar influenciando o menor teor de COT neste tratamento, devido a menor entrada de material orgânico tanto da parte aérea como do sistema radicular.

A fração particulada representou em média cerca de 27% e 21% do carbono orgânico total no Neossolo e Cambissolo respectivamente (Figura 18). No Estudo 1, menores valores de 15% e 13% em um Cambissolo Háplico sob diferentes coberturas verdes foram encontrados. Em ambos os casos, a presença de plantas como coberturas verdes favorecem esta fração da matéria orgânica uma vez que os macroagregados ($>53\mu\text{m}$) são estabilizados pelas raízes e hifas de fungos a estas geralmente associadas.

No Neossolo Litólico, os resultados do carbono orgânico associado a minerais (COAM) foram distintos entre as espécies de coberturas e em função da mobilização do solo para semeadura da aveia, com maior valor para o tratamento aveia sem preparo de solo (ASP) e menor no tratamento aveia com preparo mínimo do solo (ACPM). O revolvimento do solo no tratamento ACPM possibilita uma menor estabilidade de agregados, no interior dos quais a fração orgânica encontra-se protegida dos microrganismos e de suas enzimas. Em função disto, a proteção física destas frações à biodegradação é diminuída podendo refletir no COAM neste solo.

A fração associada a minerais também apresentou diferenças significativas entre os solos, com valores médios variando entre 26,7 e 34,5 g kg⁻¹ para o Neossolo e Cambissolo respectivamente. Segundo Bayer (1996) e Bayer et al. (2004), a matéria orgânica associada aos minerais apresenta um avançado estágio de humificação e é altamente estável devido a sua interação com a fração mineral e localização no interior de microagregados ($<53\mu\text{m}$), além da sua maior recalcitrância química decorrente da sua composição. Além disso, outro aspecto importante salientado por esses autores é a dependência dessa fração a textura e mineralogia do solo que influenciam a estabilidade dos microagregados.

Desta forma, as diferenças ocorridas no COAM entre os dois solos e entre as coberturas verdes no Neossolo Litólico, podem estar associadas além do efeito negativo do revolvimento do solo no tratamento ACPM às diferenças de formação destes solos. Sendo o Neossolo um solo mais novo, menos intemperizado e mais raso, estas características podem naturalmente estar diminuindo a capacidade deste solo em acumular carbono orgânico nesta fração refletindo assim, estes resultados.

5.2.3. Quociente microbiano

O quociente microbiano (qMic) apresentou grande variação entre os tratamentos de coberturas (Figura 19) para os dois solos estudados, porém, com padrão uniforme dentro de cada época de coleta, apresentando maior variação (0,70 % e 0,55%) em abril de 2004 (Apêndice 24). Em todas as épocas o maior quociente microbiano foi verificado na mata nativa e área sem cultivo de videira.

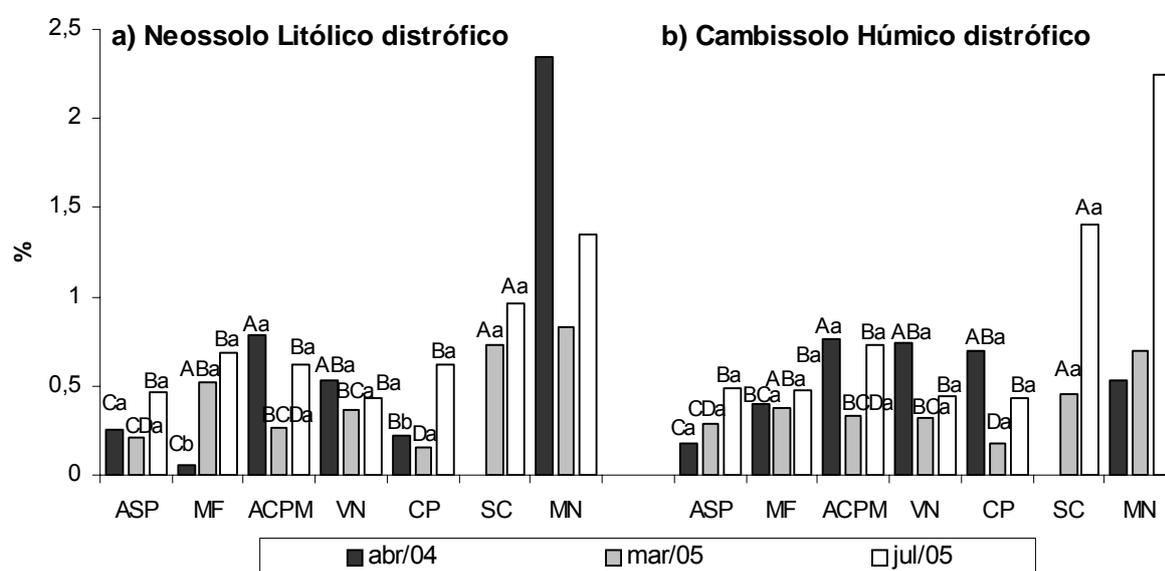


FIGURA 19. Quociente microbiano de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em geral, a contribuição do carbono da biomassa microbiana para o COT foi baixa, variando entre 0,38% e 0,89% para os tratamentos com cobertura. A mata nativa apresentou maior q_{Mic} chegando a 2,35% na coleta de abril de 2004 no Neossolo Litólico e 2,25% no Cambissolo Húmico em julho de 2005 (Figura 19).

Baretta et al. (2005), em campo nativo e monocultivo de pinus em Lages/SC, observaram variação do q_{Mic} de 1,3 a 2,2%. D'Andréa et al. (2002), em diferentes sistemas de manejos em Latossolo Vermelho distrófico típico de Goiás, encontraram, na camada de 0 a 10 cm, valores de 1,52 a 8,10%, sendo o maior valor referente ao cerrado. Mercante et al. (2000), em diferentes sistemas de manejo e rotação de culturas, observaram valores entre 0,76%, para pastagem com braquiária, e 1,08%, para sistema plantio direto, e maior valor na mata nativa (1,16%). Essas variações podem estar relacionadas com o histórico do manejo do solo, como monoculturas, rotação de culturas, além do grau de estabilização do carbono orgânico.

Na coleta realizada em abril, as variações ocorridas nos tratamentos foram mais expressivas apresentando diferenças significativas para as coberturas, solos e interação entre os dois fatores (Apêndice 19). Nesta época, o q_{Mic} do tratamento aveia com preparo mínimo do solo foi superior aos demais tratamentos nos dois solos avaliados. A maior biomassa microbiana encontrada nesse período, juntamente com o teor de carbono orgânico total, refletiu no q_{Mic} desse solo, porém este efeito é temporário, uma vez que não se manteve nas demais coletas. Carter (1986) constatou que o preparo de solo resulta em diminuição do carbono microbiano e da relação CBM:COT. Balota et al. (1998) também observaram diferenças do q_{Mic} em relação ao preparo do solo e sucessão de culturas (trigo/soja e trigo/milho), com valores de 0,58 a 2,09% para o plantio convencional e 1,24 a 3,65% para o plantio direto.

Nas outras épocas de coleta, a área sem cultivo de videira apresentou maior quociente microbiano, sendo inferior somente aos valores encontrados na mata nativa. Em outros trabalhos (Marchiori Junior et al., 1999; Geraldés et al. 1995; Sparling, 1992), tem sido observado o efeito positivo do uso contínuo de gramíneas em pastagens, no q_{Mic} .

5.2.4. Respiração microbiana

A RM apresentou um comportamento semelhante ao da biomassa microbiana, indicando que ambas foram afetadas pelos tratamentos testados (Figura 20). Os valores da RM apresentaram grande variação ficando em média entre 80 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo e 201 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo, sendo os tratamentos sob Cambissolo Húmico aqueles que apresentaram os maiores valores (Apêndice 25). Os tratamentos aveia com preparo mínimo do solo (ACPM) e sem cultivo de videira (SC), de maneira geral, apresentaram maior RM (Figura 20).

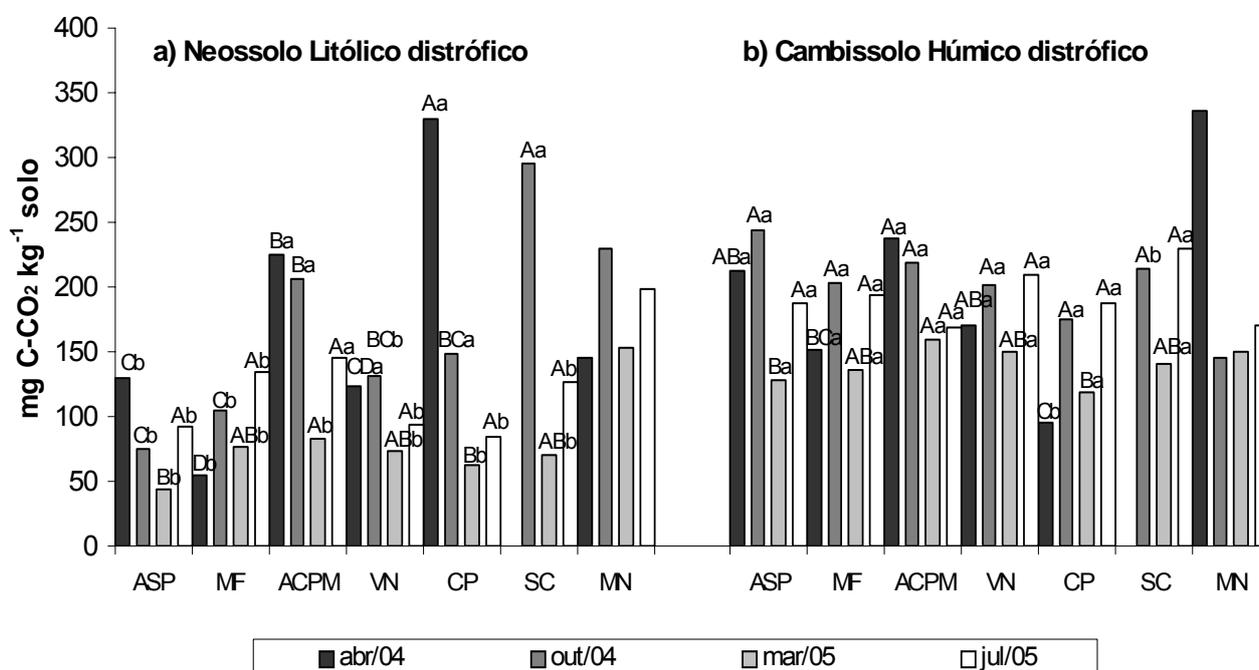


FIGURA 20. Respiração microbiana de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Valores de RM descritos na literatura são bastante variados. Gama-Rodrigues et al. (2005), em solos sob plantações de eucaliptos cultivadas em várias condições edafoclimáticas, encontraram valores médios entre 400 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo e 550 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo. Matsuoka et al. (2003) encontraram, em 17 dias de

incubação, valores de RM de 152 a 306 mg C-CO₂ kg⁻¹ no solo cultivado com videira e entre 96 a 130 mg C-CO₂ kg⁻¹ em solo cultivado com soja. Saggiar et al. (2001), em solos com baixo, médio e longo tempo de cultivo com pastagens, observaram valores de respiração de 860 a 2.042 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo em 112 dias de incubação.

Diferenças significativas a 1 e 5% entre os tratamentos de coberturas (abril e outubro de 2004 e março de 2005), entre os solos (outubro de 2004 e março e julho de 2005) e interação entre os fatores (abril e outubro de 2004 e julho de 2005) foram observadas neste estudo, conforme Apêndice 19. Estes resultados, juntamente com os do carbono da biomassa microbiana, confirmam que estes atributos biológicos são fortemente afetados pelas alterações ocorridas em função do manejo do solo.

Na mata nativa, a RM variou em média entre 146 a 229 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo no Neossolo e 146 a 336 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo no Cambissolo, com valores próximos e, em algumas épocas, menores aos encontrados na área sem cultivo de videira (SC) e tratamentos de cobertura como aveia com preparo mínimo do solo (ACPM). O revolvimento do solo realizado em abril na semeadura da aveia pode estar contribuindo com o aumento da RM no tratamento ACPM, assim como o que ocorreu com a biomassa microbiana nesse mesmo tratamento.

A atividade dos organismos no solo é considerada um atributo positivo para a qualidade do solo, sendo a respiração um indicador sensível da decomposição de resíduos e de distúrbios no ecossistema, mas, segundo Tótolá e Chaer et al. (2002), a interpretação de seus valores deve ser realizada com cautela. Uma alta atividade respiratória pode resultar tanto pela disponibilidade de substratos de carbono lábeis, onde a decomposição da matéria orgânica é intensa, como da rápida oxidação de substrato devido à influência de algum fator. No tratamento aveia com preparo mínimo do solo, esse aumento da atividade microbiana pode ocorrer com a quebra de agregados do solo promovida pela aração para a semeadura da aveia, expondo material orgânico para várias populações microbianas com atividade aeróbia, ou como resultado da incorporação momentânea de resíduos culturais das coberturas remanescentes no solo pelo seu revolvimento.

Portanto, na área sem cultivo de videira, a ausência de mobilização do solo e a maior presença de raízes das gramíneas espontâneas, contribuiu para os maiores valores de biomassa e respiração microbiana nesse tratamento e não por algum

distúrbio externo como o ocorrido no tratamento aveia com preparo mínimo do solo. Esta afirmação pode ser confirmada pela menor taxa de respiração por unidade de biomassa apresentada a seguir, no tratamento sem cultivo de videira.

5.2.5. Quociente metabólico

O quociente metabólico (qCO_2), assim como a biomassa e respiração microbiana, sofreram grande influência dos tratamentos testados (Figura 21). Este comportamento é explicado por ser, resultante da relação entre estes dois atributos. Em geral, o menor quociente metabólico foi verificado na mata nativa e área sem cultivo de videira. Entre os solos, o menor quociente foi encontrado no Neossolo Litólico (Figura 21 e Apêndice 26) na maioria das coletas realizadas.

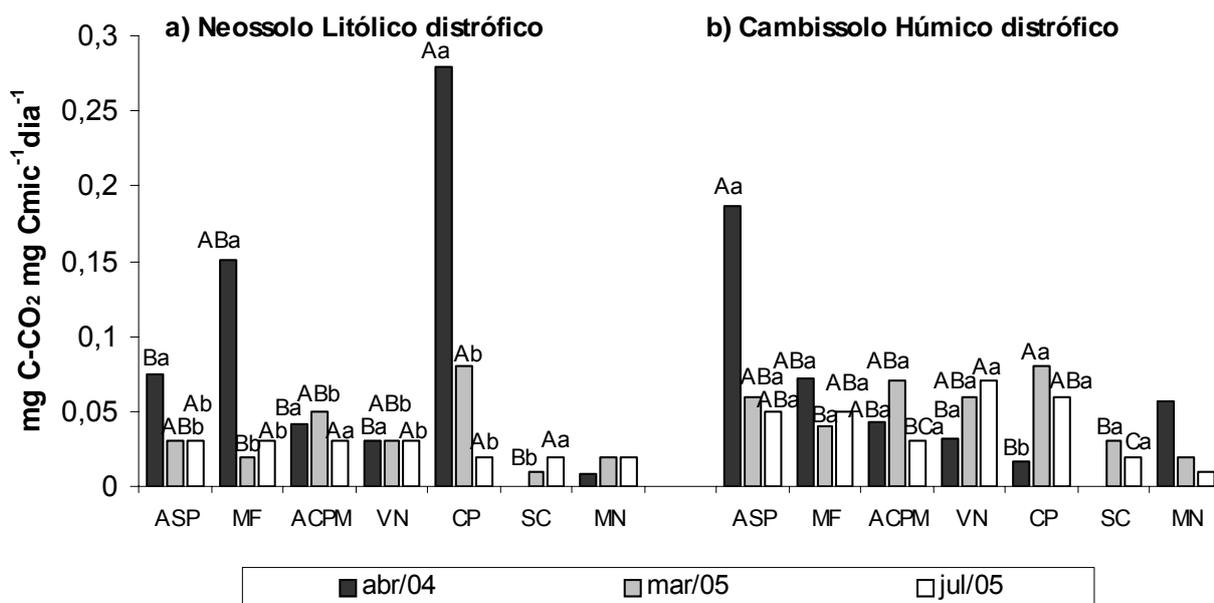


FIGURA 21. Quociente metabólico de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Efeitos no qCO_2 entre solos sob diferentes usos (Saggar et al., 2001; Baretta et al., 2005), manejos (Balota et al., 1998; Anderson e Domsch, 1990) e ecossistemas de florestas (Islam e Weil, 2000) são reportados na literatura. No entanto, outros trabalhos em solos sob diferentes sistemas de manejos no Brasil (D'Andrea et al., 2002 e Mercante et al., 2000) e em solos da Nicarágua (Castillo e Joergensen, 2001) não encontraram efeito significativo dos sistemas de manejos sobre o quociente metabólico.

Outros tratamentos, como o convencional do produtor (CP) ao contrário, apresentaram maiores valores de qCO_2 , indicando maiores perdas de carbono no sistema na forma de CO_2 por unidade de carbono microbiano. Embora o comportamento do carbono orgânico total tenha sido homogêneo entre os tratamentos, conforme observado anteriormente, os aumentos nos valores de qCO_2 poderá refletir-se em decréscimos futuros nos estoques da matéria orgânica do solo (Gama-Rodrigues, 1999).

O qCO_2 apresentou interações significativas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) para os dois fatores (espécies de coberturas x solos) estudados, exceto na coleta de março de 2005 (Apêndice 19). Em geral, o maior quociente metabólico foi encontrado no Cambissolo Húmico (Figura 21), a exceção ocorreu em abril de 2004 com valores médios de $0,098 \text{ mgC-CO}_2 \text{ mgCmic}^{-1}\text{dia}^{-1}$ no Neossolo e $0,068 \text{ mgC-CO}_2 \text{ mgCmic}^{-1}\text{dia}^{-1}$ para o Cambissolo.

O menor quociente metabólico encontrado no Neossolo Litólico contrariam os estudos de Dias Júnior et al. (1998). Estes autores observaram reduções no número de bactérias, fungos, actinomicetos e na biomassa microbiana enquanto os valores do qCO_2 se elevaram em solo com contaminação de Zn, Cu e Cd.

Além disso, Anderson e Domsch (1993) verificaram que, na camada superficial, os valores baixos de pH reduziram a biomassa microbiana e a produção de $C-CO_2$ e os valores do qCO_2 foram maiores. No entanto, neste estudo, apesar do Neossolo apresentar menor pH (Tabela 2) e em média menor biomassa e respiração microbiana (Apêndices 22 e 25), o qCO_2 deste solo também foi significativamente menor nas coletas de março e julho de 2005 que os valores de qCO_2 encontrados no Cambissolo Húmico.

Alguns fatores podem estar contribuindo com estes resultados. O uso de coberturas verdes nos parreirais ainda é recente e a biomassa microbiana pode estar

ainda em adaptação às condições dos solos. As diferenças de pH (5,8 e 6,5) nos tratamentos de cobertura podem não ter sido relevantes em determinar as alterações que refletissem a condição reportada na literatura (Anderson e Domsch, 1993) uma vez que, o pH era muito menor ao deste trabalho e as condições climáticas também são diferentes.

Por fim, o uso do qCO_2 tem limitações, pois confunde os efeitos de estresse, aqueles envolvendo condições desfavoráveis, com fatores de perturbação, aqueles envolvendo fluxo rápido de condições ambientais como cultivo. Deve-se levar em consideração ainda que apenas 15 a 30% da biomassa microbiana do solo é catabolicamente ativa e que o restante dos microrganismos do solo ocorre em formas latentes ou inativas, com baixa atividade metabólica (Moreira e Siqueira, 2002). Este fato pode causar dificuldades na interpretação dos resultados do qCO_2 , já que em seu cálculo é levado em conta o teor total de carbono da biomassa microbiana do solo. Assim, o monitoramento da biomassa e respiração microbiana do solo ao longo do tempo seja, talvez, a melhor forma de reduzir esses problemas de interpretação.

5.2.6. Atividade das enzimas do solo

A determinação da atividade de várias enzimas no solo é uma maneira de se medir a atividade microbiana indicando mudanças ocorridas na microbiota do solo sem, entretanto, relacioná-las a algum grupo específico de organismo.

5.2.6.1. β -glucosidase

A atividade da enzima β -glucosidase foi fortemente influenciada pelos solos avaliados, com uma faixa de variação entre 89 a 151 μg *p*-nitrofenol g^{-1} solo h^{-1} no Neossolo Litólico e 164 e 227 μg *p*-nitrofenol g^{-1} solo h^{-1} no Cambissolo Húmico (Figura 22). Em todas as épocas avaliadas, a menor atividade ocorreu no Neossolo Litólico em relação ao Cambissolo Húmico com reduções médias de 28%, 33 % e 46 % (Apêndice 27). A atividade da enzima β -glucosidase apresentou comportamento oposto entre a mata nativa e a área sem cultivo de videira nos dois solos estudados (Figura 22).

A β -glucosidase apresentou diferenças significativas para as coberturas verdes nas coletas de outubro de 2004 e março de 2005, conforme pode ser observado no Apêndice 21. Esta enzima também apresentou diferenças altamente significativas

($p < 0,01$) para o fator solo em todas as coletas realizadas (Apêndice 21). Estes resultados podem estar sendo influenciados pela presença de altos teores de cobre no Neossolo Litólico.

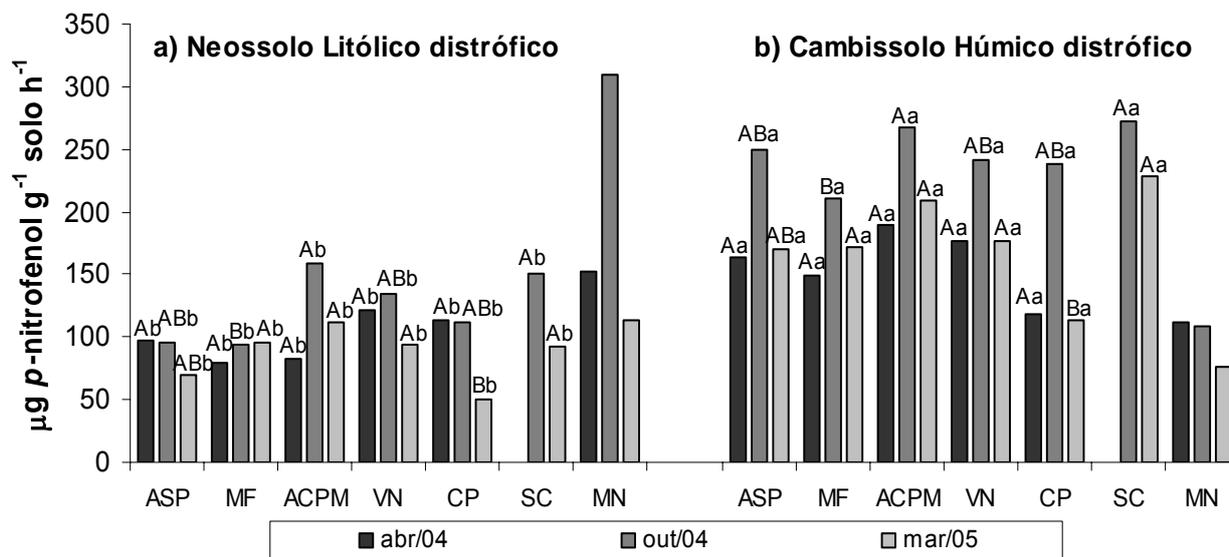


FIGURA 22. Atividade da enzima β -glucosidase de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os teores de cobre encontrados nos tratamentos com coberturas verdes no Neossolo Litólico (Tabela 02) são resultantes das freqüentes aplicações de produtos cúpricos no controle de doenças fúngicas da videira. Os elevados níveis deste elemento em solos de vinhedos antigos como os deste estudo, são freqüentemente encontrados na região sendo uma tendência crescente e muito preocupante, pelos problemas que causa ao solo, ao ambiente e ao próprio homem.

Correlações negativas existem entre a atividade de enzimas e o conteúdo de metais, especialmente, Cu, Pb e Zn. No entanto, o grau de inibição varia com o solo, a concentração e a forma de adição do elemento e com estudos enzimáticos.

Neste estudo, correlação negativa e altamente significativa ($p < 0,01$, $r = -0,697$) foi encontrada entre os níveis de cobre no solo e a atividade da enzima β -glucosidase. As contaminações por metais pesados afetam adversamente os microrganismos no solo. Além disso, diversos metais são necessários em baixas concentrações para a atividade biológica ótima, por fazerem parte da estrutura de certas enzimas. Assim, é muito difícil estabelecer concentrações críticas dos metais para inibir as funções ecológicas principais e as transformações dos elementos no solo.

Então, diferentes resultados são encontrados na literatura com relação ao efeito do cobre na atividade da β -glucosidase. Geiger et al. (1998), estudando o efeito do cobre na decomposição de celulose pela celulase e β -glucosidase em suspensões de montmorilonita, observaram que a atividade da celulase foi reduzida em 25% e a β -glucosidase em 50% em pH entre 5 e 5,5. No entanto, Kandeler et al. (1996), avaliando além da biomassa e respiração, a atividade de 13 enzimas, constataram que a atividade da β -glucosidase foi pouco afetada pela elevação na concentração de metais pesados no solo. As atividades das enzimas fosfatase ácida, urease e arilsulfatase, porém, sofreram grande inibição.

A maior atividade da enzima β -glucosidase ocorreu no tratamento aveia com preparo mínimo do solo e na área sem cultivo de videira. Como esta enzima é indicadora dos processos de oxidação do solo, então pode-se esperar que, após o revolvimento do solo no tratamento ACPM e a incorporação dos resíduos das espécies de coberturas verdes, tenha um efeito positivo e, muitas vezes, temporário em aumentar a atividade desta enzima no solo.

Na área sem cultivo de videira, os níveis de cobre foram baixos nos dois solos avaliados (8,2 e 10 mg L⁻¹), quando comparados aos da área com videira. Além disso, a atividade desta enzima pode ter sido estimulada pelas raízes das gramíneas que podem servir como fonte ou substrato para essa enzima. Marchiori Júnior e Melo (1999) encontraram em pastagens valores da atividade da celulase e amilase, próximos aos encontrados na mata nativa. Estes autores também atribuíram o aumento da atividade destas enzimas ao efeito rizosférico das gramíneas.

O comportamento da atividade da β -glucosidase na mata nativa foi oposto ao verificado nas áreas com coberturas verdes. Neste caso, o menor pH do Cambissolo Húmico (3,9) pode estar determinando a menor atividade desta enzima neste solo, uma

vez que os níveis de cobre nesta área nativa foram baixos para ambos os solos e provavelmente não estão influenciando a atividade desta enzima.

5.2.6.2. Fosfatase ácida

A fosfatase ácida apresentou maior variação entre os solos cultivados com videira do que entre as espécies usadas como coberturas verdes (Figura 23). A atividade média desta enzima foi entre 330 a 720 $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ nos tratamentos com cobertura verde (Figura 23 e Apêndice 28). Resultados próximos foram encontrados no Cambissolo Háplico do Estudo 1.

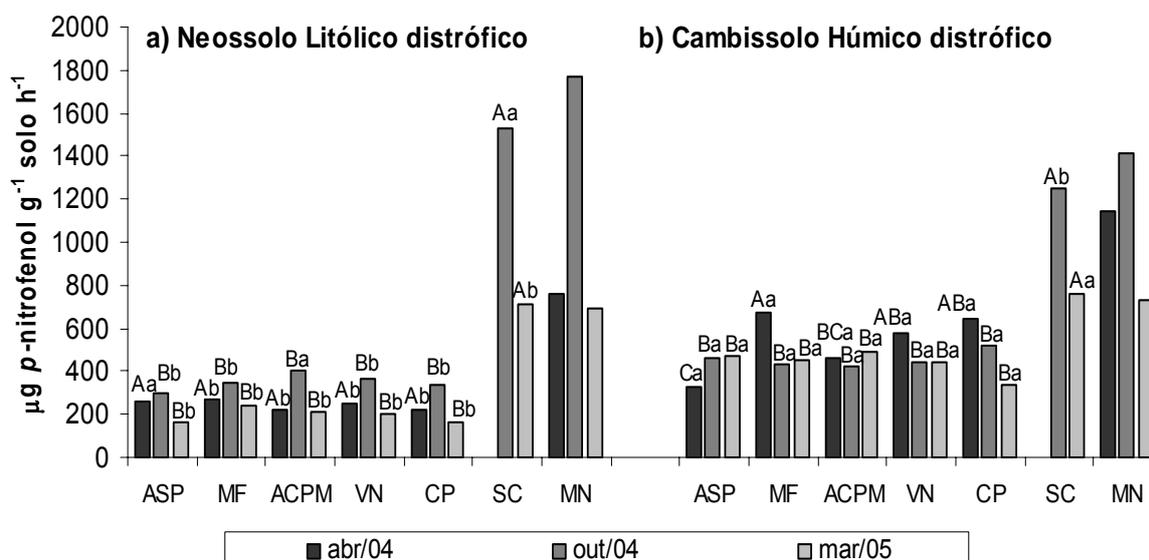


FIGURA 23. Atividade da enzima fosfatase ácida de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As áreas sem cultivo de videira e mata nativa apresentaram maior atividade desta enzima em relação a todos os tratamentos de coberturas nos dois solos

avaliados (Figura 23). Maior atividade da fosfatase ácida nas áreas nativas em relação aos solos sob cultivo são amplamente reportados na literatura (Mendes et al., 2003; Caravaca et al., 2002; Garcia et al., 1997a; Fernandes et al. 1998) e também foram observados neste trabalho no estudo anterior.

A vegetação dessas áreas pode afetar a atividade das fosfatases, tanto pela produção dessas enzimas pelas plantas e favorecimento da atividade microbiológica do solo, como pela deposição de resíduos vegetais, que aumentam a matéria orgânica do solo. Além disso, os menores teores de fósforo e cobre, podem também estar exercendo forte influência na atividade desta enzima nas áreas nativas.

Em geral, a atividade da fosfatase ácida foi superior no Cambissolo Húmico que, igualmente, apresentou menor teor de cobre e fósforo e ainda, maior conteúdo de matéria orgânica no solo.

Tem-se relatado que a atividade das fosfatases é reprimida por concentrações crescentes de fosfato. Tal comportamento deve-se ao aumento da disponibilidade de P para as plantas e microrganismos responsáveis pela produção das fosfatases. Essas enzimas são produzidas quando os teores de P solúvel atingem níveis limitantes ao crescimento de plantas e microrganismos (Nahas et al., 1994). Desta forma, com o aumento do P disponível do solo, não haveria necessidade das fosfatases como mecanismo de aumento da disponibilidade desse nutriente para as plantas e microrganismos, exceto quando o solo apresenta elevada capacidade de adsorção do elemento, o que contribui para baixar os níveis na solução do solo e então, elevar a atividade de fosfatases.

A análise de variância da atividade da fosfatase ácida nos solos e tratamentos testados é apresentada no Apêndice 21. Apesar de nenhuma correlação ter ocorrido entre a atividade da fosfatase ácida e os níveis de cobre nos solos testados, alguns trabalhos relatam esse comportamento (Moreira e Siqueira, 2002; Kandeler et al., 1996). Huang e Shindo (2000) também observaram inibição na atividade de fosfatases ácidas livres e imobilizadas em solos com diferentes formas de cobre.

Em todas as épocas de coleta, a maior atividade desta enzima ocorreu em outubro de 2004, no Neossolo Litólico, com valores médios de 720 e 707 $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ (Apêndice 28). Na primavera, as espécies de cobertura apresentaram uma maior taxa de crescimento vegetativo (Oliveira et al., 2004 a). Assim,

o aumento dos exsudados radiculares, da deposição de material senescente, aliados a condições adequadas de umidade e temperatura, favorecem a atividade microbiana do solo e, conseqüentemente, a produção e ativação das enzimas.

Inter-relação de variáveis biológicas e o ciclo das culturas foram observados por Aon et al. (2001), em um estudo na Argentina em solo recentemente utilizado para agricultura com diferentes sistemas de manejos (convencional e direto) em três estágios durante o ciclo de crescimento da cultura da soja (T_0 : antes do plantio; T_1 : florescimento; T_2 : antes da colheita). Estes autores verificaram que, no período de floração da cultura, houve uma explosão na atividade microbiana, observada por um aumento expressivo no número de microrganismos e um gradiente máximo na atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina, desidrogenase, hidrólise de FDA, β -glucosidase e urease.

5.2.6.3. Amidase e Urease

A atividade das enzimas amidase e urease foi similar em relação aos tratamentos testados (Figuras 24 e 25). A amidase apresentou comportamento bastante uniforme entre os tratamentos e solos estudados (Figura 24). A atividade dessa enzima variou em média entre 199 e 248 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$ para o Neossolo e entre 213 e 229 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$ para o Cambissolo (Apêndice 29).

A atividade da enzima urease foi semelhante ao da amidase com pouca variação entre os tratamentos de cobertura apresentando uma faixa de variação de 36 a 75 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$ nas duas épocas avaliadas (Figura 25 e Apêndice 30). Maior atividade desta enzima na área nativa também foi observada, mantendo o mesmo comportamento da enzima anterior, porém com maior magnitude para o Neossolo Litólico (Figura 25). Reduções médias de até 70% foram encontradas nos demais tratamentos em relação à mata nativa.

Íons metálicos parecem não ser inibidores tão fortes da atividade da amidase quanto da urease. Apoiando estes resultados, Frankenberger e Tabatabai (1981) verificaram o efeito de 21 elementos, além de herbicidas, fungicidas e inseticidas, na atividade da amidase em três solos. Os resultados mostraram que o grau de inibição variou entre os elementos e solos testados, sendo que o Cu foi classificado como

inibidor menos efetivo, com um a média de inibição menor que 3% na atividade da amidase.

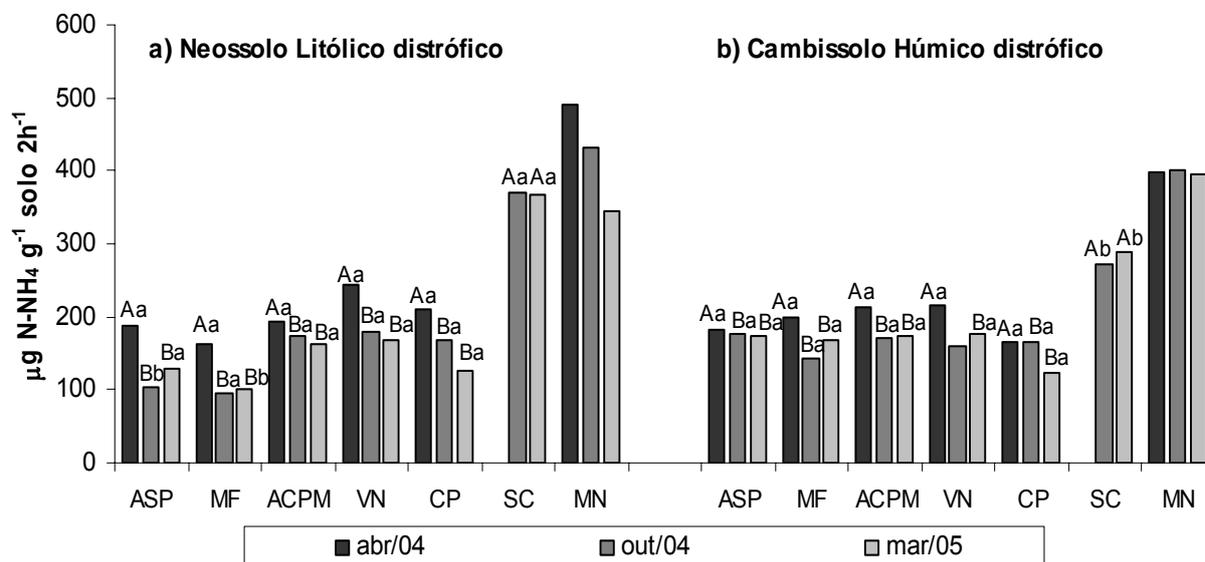


FIGURA 24. Atividade da enzima amidase de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As duas enzimas apresentaram interação significativa ($< 0,01$) para os fatores solo e coberturas (Apêndice 21), sendo que a urease sofreu maior influência dos solos testados. De uma forma geral, o Neossolo Litólico apresentou maior teor de cobre e também reduções médias de 43% e 32% na atividade da urease em relação ao Cambissolo Húmico, nos tratamentos com cobertura. Complementando estes resultados, correlações negativas e altamente significativas ($p < 0,01$, $r = -0,8087$) da atividade da urease com os teores de cobre no solo também foram verificadas neste estudo.

A atividade das enzimas no solo é influenciada de modo diferenciado pelos metais, assim como os processos por elas mediados. Deste modo, a inibição da fosfatase pode atingir até 60%, enquanto a arilsulfatase até 98%, para Ag, Hg, Mo, Cr,

Cd e outros metais, enquanto que a urease pode ser inibida até 93%, para Ag, Mg, Cu, Cd, Zn e Cr (Moreira e Siqueira, 2002). Brohon et al. (2001), em solo poluído com hidrocarboneto, verificaram que a desidrogenase e urease mostraram-se sensíveis à presença de metais, com 31% de inibição da urease e 50% de inibição da desidrogenase em solo contaminado.

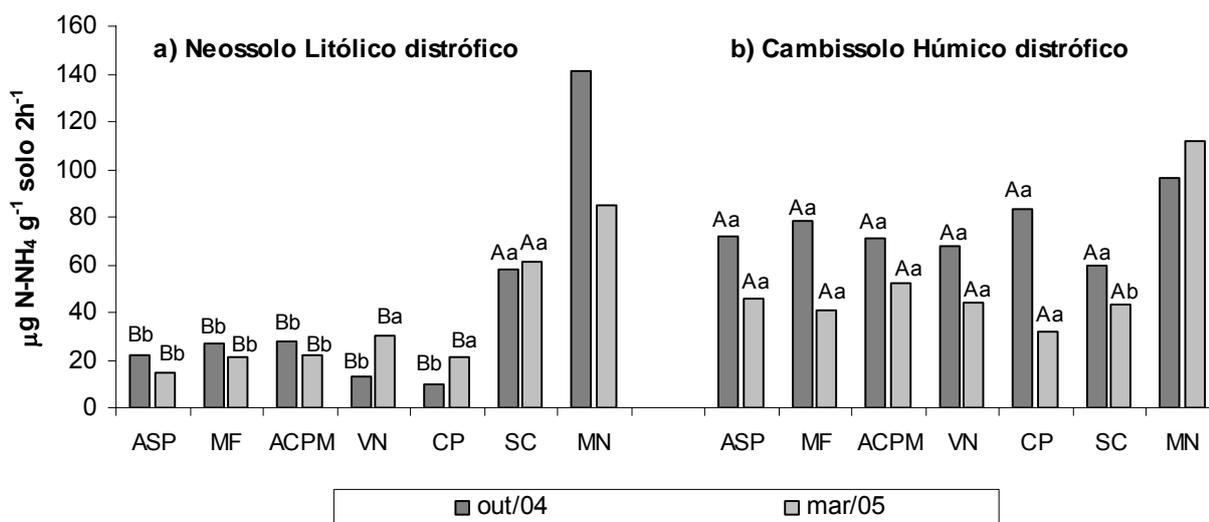


FIGURA 25. Atividade da enzima urease de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa). Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Alta sensibilidade da urease ao íon metálico Cu e compostos como sulfato de coberto vem sendo reportada na literatura há algum tempo (Bremner e Douglas, 1971; Tabatabai, 1977). Trabalhos recentes, como o realizado por Bogomolov et al. (1996), em solos tratados com diferentes concentrações de sulfato de cobre por diferentes períodos (5, 10, 20 e 40 dias após o tratamento), observaram que a respiração induzida por substrato foi a característica mais sensível com significativos efeitos observados em menores concentrações de Cu (50 mg kg^{-1}), seguidas pelo nitrogênio da biomassa microbiana e crescimento de minhocas. A atividade da urease sofreu redução significativa somente na concentração de 800 mg kg^{-1} de Cu em

condições de laboratório. Neste trabalho, realizado em condições de campo, a atividade da urease apresentou redução em sua atividade em menores concentrações de Cu (501 mg kg^{-1}).

Outro estudo comparativo fornece resultados que dão alguma indicação da concentração de metal no solo, acima da qual ocorre inibição de alguns processos como teores de 100 mg kg^{-1} solo de Cu para inibição da respiração e processos ligados ao ciclo do nitrogênio como amonificação e nitrificação (Doelman, 1985). Além da concentração do metal, outros fatores como teor de matéria orgânica, argila, mineralogia, pH e outras características do solo têm forte influência sobre o comportamento desses elementos e sua influência na população microbiana do solo.

Assim, a atividade das enzimas do solo é considerada como um atributo sensível à poluição. No entanto, como podem ser observados pelos resultados deste trabalho e de outros citados neste estudo, o comportamento das enzimas em solos contaminados é variável. Portanto, devem ser suplementados com informações de outras propriedades bioquímicas do solo.

5.2.7 Atributos biológicos do solo e o efeito sazonal

Ao contrário do observado no Estudo 1, o efeito sazonal foi pequeno entre os atributos biológicos avaliados, apresentando diferenças significativas (Apêndice 31) somente para a atividade das enzimas nos dois solos avaliados e interação significativa (coberturas x épocas de coletas) apenas na atividade da urease no Neossolo Litólico e fosfatase ácida no Cambissolo Húmico.

De uma forma geral, os atributos biológicos avaliados conseguiram refletir as alterações ocorridas nos tratamentos deste Estudo, expressando as diferenças encontradas, tanto entre as coberturas verdes utilizadas nos parreirais, como entre os solos estudados.

5.2.8. Representação integrativa dos atributos biológicos do solo

Os gráficos que representam as integrações dos atributos biológicos no Neossolo Litólico e no Cambissolo Húmico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes são apresentados na Figura 26. Neste modelo, os resultados do carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana (RM), quociente

microbiano (q_{Mic}), quociente metabólico ($1/qCO_2$) e atividade das enzimas β -glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease foram dispostos em eixos específicos com origem comum, e os valores estabelecidos para cada tratamento são dados como uma porcentagem da atividade verificada no tratamento referência (100%), que, neste caso é a área sem cultivo de videira (Apêndice 35). Estes dados são ligados entre si, formando um polígono específico para cada tratamento seguindo a mesma metodologia de Schmitz (2003).

Na Figura 26 e Apêndice 35 é possível observar os resultados obtidos no presente estudo. De forma geral, as maiores ampliações das áreas dos polígonos ocorreram no tratamento aveia com preparo mínimo do solo (ACPM), vegetação nativa espontânea (VN) e mistura de forrageiras (MF). Este crescimento representa a recuperação dos atributos biológicos em relação à área sem cultivo de videira.

Este comportamento, entretanto, não se deu de maneira uniforme tanto para os tratamentos de coberturas como para os dois solos avaliados, tendo sido recuperado mais eficientemente para alguns atributos do que para outros. Assim, a atividade biológica do solo determinada pela respiração microbiana e a atividade da enzima β -glucosidase parece estar sendo menos influenciada pelos tratamentos, mantendo sua atividade com valores de 74 e 91% para respiração e 83 e 76% para a β -glucosidase.

Ao contrário, o CBM e a atividade da enzima fosfatase ácida em ambos os solos, e a atividade da amidase e urease no Neossolo Litólico, foram os atributos biológicos mais influenciados pelos tratamentos, apresentando redução de seus valores em relação à área sem cultivo de videira. O quociente microbiano e o quociente metabólico também apresentaram expressivas reduções em relação à área de referência. Este comportamento reflete os menores valores da biomassa microbiana e conseqüentemente, em suas relações.

Para a maioria dos atributos biológicos avaliados, foram encontradas reduções nos tratamentos sob Neossolo Litólico em relação à área sem cultivo de videira. Estas reduções tornam-se mais evidentes quando comparados os valores percentuais dos tratamentos com coberturas verdes e os encontrados na mata nativa. Neste caso, os valores médios encontrados no Neossolo e Cambissolo respectivamente foram de 54 e 204% para β -glucosidase e 24 e 55% para urease.

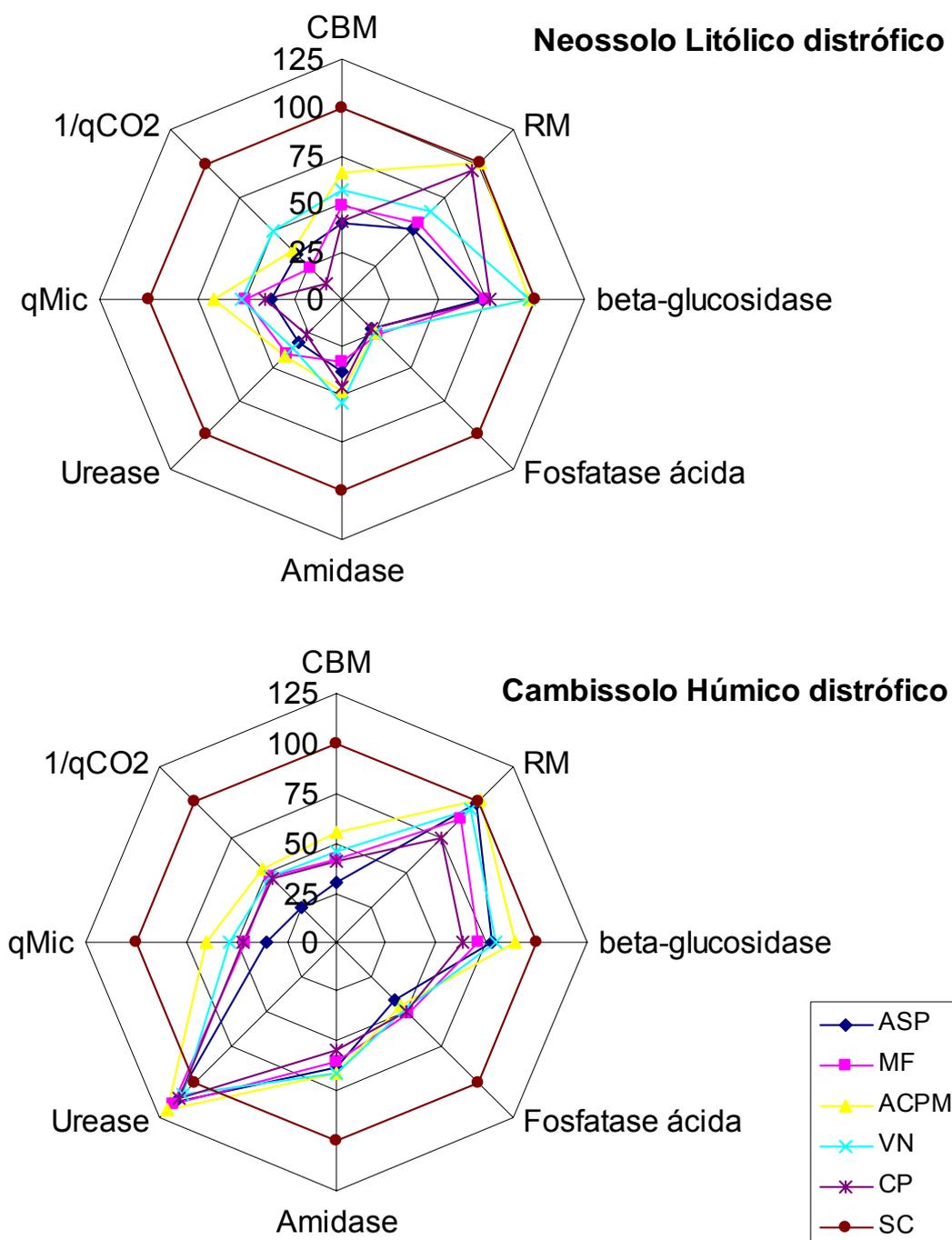


Figura 26. Representação integrativa (%) dos atributos biológicos de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa como referência na profundidade de 0 a 10 cm. (ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM=Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; SC= sem cultivo de videira).

O alto teor de cobre encontrado no Neossolo Litólico nos tratamentos com coberturas, pode ser fator determinante nessa redução uma vez que, as maiores diferenças ocorreram na atividade das enzimas β -glucosidase e urease, ambas negativamente correlacionadas com os teores deste elemento no solo.

Estes resultados ampliam a preocupação com a contaminação de cobre nos solos de vinhedos antigos encontrados na Região da Serra Gaúcha. Além de problemas ambientais e de fitotoxidez das plantas de cobertura, já conhecidos, a redução da biomassa microbiana do solo e da atividade das enzimas β -glucosidase e urease, são preocupantes no sentido da perda da qualidade biológica do solo.

Portanto, o uso de coberturas verdes nos parreirais, além de manter a umidade do solo, protegê-lo contra a erosão e contribuir para a ciclagem de nutrientes, tem papel importante, não apenas no acúmulo do conteúdo de carbono no solo, mas também na qualidade do sistema, de forma que este aumente sua resiliência e estabilidade.

A manutenção da matéria orgânica neste sistema, que recebe metais pesados e em especial o Cu, que possui alta capacidade de formar complexos com os grupos funcionais da matéria orgânica, é importante. Entretanto, não é possível afirmar que este manejo será mais eficiente na imobilização de metais pesados, mas apenas na sua inativação no solo. O que é possível afirmar é que um solo com mais qualidade vai perder menos água por escoamento superficial (erosão) e por percolação profunda, e assim, pode-se esperar que a mobilidade dos metais pesados será limitada pela própria qualidade do sistema. Isto significa que a contaminação, tanto da água de superfície, como da subterrânea, seria reduzida, e assim, haveria preservação de um bem comum, gerando benefícios para a sociedade e para o ambiente.

6. CONCLUSÕES

O cultivo de videira, nas diferentes situações estudadas, reduziu o carbono da biomassa, a respiração microbiana e atividade das enzimas β -glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease, em relação às áreas sem cultivo de videira e mata nativa.

O carbono da biomassa microbiana, a respiração microbiana e atividade das enzimas β -glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease foram sensíveis às alterações ocorridas em função do manejo e dos diferentes tipos de solos.

As espécies de plantas utilizadas como cobertura influenciaram o carbono da biomassa microbiana e atividade biológica do solo de forma distinta em função dos solos e manejos adotados.

Os atributos biológicos do solo apresentaram variações entre as épocas de coletas, sendo estas associadas principalmente a diferenças de umidade do solo.

O alto teor de cobre encontrado no solo cultivado com videira, afetou diferencialmente os atributos biológicos do solo, reduzindo a atividade das enzimas β -glucosidase e urease.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J.A.; OLIVEIRA, O.L.P.; MAFRA, A.L.; SCHEIDT, R.R.; MEDEIROS, J.C.; ROSA, J.D.; PALUDO, M.B.; JUERGENS, J.P. Plantas de cobertura e atributos físicos-hídricos do solo em parreirais na Será Gaúcha. I. Vinícola Aurora em Pinto Bandeira, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003. **Resumos Expandidos...** Ribeirão Preto:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.
- ALEXANDER, M. **Biodegradation and bioremediation**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1999. 453p.
- ALVAREZ, R.; DÍAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage system. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.33, n. 1, p.17-28, 1995.
- ANDERSON, J. P.E.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, n. 3, p.393-395, 1993.
- ANDERSON, J.P.E. Soil respiration. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (eds.). **Method of analysis**. 2ed. part 2. Madison, American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. p.831-871, 1982.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Mineralization of bacteria and fungi in chloroform-fumigated soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.10, n.3, p.207-213, 1978.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of ecophysiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.22, n. 2, p.251-255, 1990.

- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.21, n. 4, p.471-479, 1989.
- ANDRÉA, M.M.; MORENO HOLLWEG, M.J. Comparação de métodos para a determinação de biomassa microbiana em dois solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. v.28, n.6. p.981-986, 2004.
- AON, M.A.; CABELLO, M.N.; SARENA, D.E.; COLANERI, A.C.; FRANCO, M.G.; BURGOS, J.L.; CORTASSA, S. I. Spatio-temporal patterns of soil microbial and enzymatic activities in an agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.18, n.3, p.239-254, 2001.
- BADIANE, N.N.Y.; CHOTTE, J.L.; PATE, E.; MASSE, D.; ROULAND, C. Use of soil enzyme activities to monitor soil quality in natural and improved fallows in semi-arid tropical regions. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.18, n.3, p.229-238, 2001.
- 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**, Viçosa, v.22, n. 4, p.641-649, 1998.
- BANDICK, A.K.; DICK, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.31, n.11, p.1471-1479, 1999.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **do Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.29, n.5, p.715-725, 2005.
- BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996.241p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.7, p.677-683, 2004.
- BERGSTROM, D.W.; MONREAL, C.M.; KING, D.J. Sensitivity of soil enzyme activities to conservation practices. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.62, n.5, p.1286-1295, 1998.

- BODY, S.A.; MORTLAND, M.M. Enzyme interactions with clays and clay-organic matter complexes. In: BOLLAG, J.M.; STOTZKY, G. (eds.) **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1990. v.6, p.1-28.
- BOGOMOLOV, D.M.; CHEN, S.K.; PARMELEE, R.W.; SUBLER, S.; EDWARDS, C.A. An ecosystem approach to soil toxicity testing: a study of copper contamination in laboratory soil microcosms. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.4, n. 2, p. 95-105, 1996.
- BREMNER, J.M.; DOUGLAS, L.A. Inhibition of urease activity in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.3, n.4, p.297-307, 1971.
- BROHON, B.; DELOLME, C.; GOURDON, R. Complementarity of bioassays and microbial activity measurements for the evaluation of hydrocarbon-contaminated soils quality. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.33, n.7-8, p.883-891, 2001.
- BURNS, R.G. Interaction of enzymes with soil mineral and organic colloids. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. (eds.) **Interactions of soil minerals with natural organic and microbes**. Madison: SSSA, Inc. 1986. p. 429-451.
- BURNS, R.G. **Soil enzymes**. London: Academic Press, 1978. 274p.
- CAMARGO, U.A. Espécies e cultivares. In: KUHN, G.B. (ed.). **Uvas para processamento. Produção. Aspectos Técnicos**. Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho, 2003. p.34-44.
- CAMBARDELLA, C.C.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.777-783, 1992.
- CARAVACA, F.; MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B. Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.68, n. 1, p.23-30, 2002.
- CARNEIRO, R.G.; MENDES, I.C.; CARVALHO, A.M. de; VIVALDI, L.J.; LOVATO, P.E. **Dinâmica de variáveis biológicas associadas ao ciclo do fósforo em solo de cerrado sob diferentes sistemas de manejo**. Planaltina:Embrapa Cerrados, 1999. (Embrapa Cerrados: Pesquisa em Andamento).
- CARTER, M.R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.7, n.1-2, p.29-40, 1986.
- CARVALHO, Y. **Densidade e atividade dos microrganismos do solo em plantio direto e convencional, na região de Carambeí, PR**. 1997. 84p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

- CASTILLO, X.; JOERGENSEN, R.G. Impact of ecological and conventional arable management systems on chemical and biological soil quality indices in Nicaragua. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.33, n.12-13, p.1591-1597, 2001.
- 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, n. 1, p.133-142, 1990.
- CERRI, C.C.; ANDREUX, F.; EDUARDO, B.P. O ciclo do Carbono no Solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360 p.
- CHABRERIE, O.; LAVAL, K.; PUGET, P.; DESAIRE, S.; ALARD, D. Relationship between plant and soil microbial communities along a successional gradient in a chalk grassland in north-western France. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.24, n. 1, p.43-56, 2003.
- CHAER, G.M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microrbiológicos**. 2001. 116f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- CHANDER, K.; BROOKES, P.C. Effects of heavy metals from past application of sewage sludge on microbial biomass and organic matter accumulation in a sandy loam and a silty loam U.K. soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.23, n.10, p.927-932, 1991.
- CHANDER, K.; BROOKES, P.C. Residual effects of zinc, copper, and nickel in sewage sludge on microbial biomass in a sandy loam. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, n.9, p.1231-1239, 1993.
- CHANDER, K.; JOERGENSEN, R.G. Decomposition of ¹⁴C glucose in two soils with different amounts of heavy metal contamination. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.33, n., p.1811-1816, 2001.
- CHAVARRIA-CARVAJAL, J.A.; RODRIGUEZ-KABANA, R. Changes in soil enzymatic activity and control of *Meloidogyne incognita* using four organic amendments. **Nematropica**, Auburn, v.28, n.1, p.7-18, 1998.
- CHRISÓSTOMO, I.G.; LANNA, A.C.; GODOY, S.G.; ROSA, J.R.; RAMOS, M.L.G.; HEINEMANN, A.B.; MOREIRA, J.A.A.; DIDONET, A.D. Propriedades bioquímicas do solo sob cultivo orgânico do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema plantio direto e convencional. Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 8 , Goiânia, 2005, **Anais...Goiânia:Embrapa Arroz e Feijão**, 2005. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão,182)

- COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.de; BALOTA, E.L. Comunidade e atividade microbiana em agrossistemas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24. REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6. REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., Santa Maria, 2000. **Resumos Expandidos...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo:Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000. CD-ROM
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.777-788, 2005.
- CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.925-930, 2002.
- COSTA, F.S.de; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno com plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.2, p. 587-589, 2004.
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURTI, 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**. Viçosa, v.26, n.4, p. 913-924, 2002.
- DIAS-JÚNIOR, H.E. MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J. O.; SILVA, R. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.22, n.4, p. 631-640, 1998.
- DICK, R.P.; BREACKWELL, D.P.; TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (eds.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: SSSA, 1996. p.247-271. (SSSA Special Publication, 49).
- DICK, R.P.; RASMUNSEN, P.E.; KERLE, E.A. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.24, n.1, p.159-164, 1988.
- DOELMAN, P. Resistance of soil microbial communities to heavy metals. In: JENSEN, V.; KJOLLER, A.; SORENSEN, L.H. **Microbial communities in soil**. England: Elsevier Applied Science Publishers, 1985. p. 369-384.
- DORAN, J.W.; ELLIOTT, E.T.; PAUSTIAN, K. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes inorganic carbon pools as related to fallow tillage management. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.49, n.1-2, p.3-18, 1998.

- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA: ASA, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35).
- DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.15, n.1, p.3-11, 2000.
- DUMANSKI, J.; PIEIRI, C. Land quality indicators: research plan. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.81, p.93-102, 2000.
- EIRA, A.F. da Influência da cobertura morta na biologia do solo. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba: CNPFloresta/IPEF/UNESP/SIF/FUPEF, 1995. p. 16-33.
- ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L.de; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R.da Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.104-113, 2001.
- ESTAT 2.0 **Sistema de análise estatística**. Jaboticabal: Pólo Computacional - Departamento de Ciências Exatas - UNESP, 1992.
- FALCADE, I.; MANDELLI, F. **Vale dos Vinhedos**: Caracterização geográfica da região. Caxias do Sul : EDUCS, 1999. 144p.
- FARIA, C.M.B.; SOARES, J.M.; LEÃO, P.C.S. Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, n.1, p.641-648, 2003.
- FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Balanço de carbono e biomassa microbiana em solos da Amazônia. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998, 488 p.
- 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, n. 11, p.1467-1472, 1995.
- FERNANDES, M.F.; FERNANDES, R.P.M.; ANJOS, J.L.; SOBRAL, L.F.; ARAÚJO, A.S. Efeito da saturação por bases sobre a atividade de fosfatases em um solo de tabuleiro costeiro cultivado com citros. II. Constantes cinéticas das enzimas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.403-409, 1998.
- FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n. 4, p.991-996, 1999.

- FRANCO, F.S.; GJORUP, G.B.; CARVALHO, A.F.de. Avaliação de características físicas, químicas e microbiológicas de um solo sob sistema agroflorestal comparado com a mata secundária e pastagem na região de Viçosa, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1. ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., Colombo, 1994. **Resumos Expandidos...** Colombo: EMBRAPA:CPAF, 1994.
- FRANKENBERGER Jr., W.T.; TABATABAI, M.A. Amidase activity in soils: III. Stability and distribution. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.45, n.2, p.333-338, 1981.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A. de O. (eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo** : ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.227-243.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. da; GAMA-RODRIGUES, A.C. da; BARROS, N.F. da Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n. 3, p.361-365, 1997.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. da; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H. Biomassa de carbono de solo de Itaguaí (RJ): Comparação entre os métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.3, p.427-432, 1994.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.de; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.6, 2005.
- GARCÍA, C.; HERNÁNDEZ, T.; ROLDAN, A.; ALBALADEJO, J. Biological and biochemical quality of a semiarid soil after induced devegetation. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.26, n.4, p.1116-1122, 1997a.
- GARCÍA, C.; ROLDAN, A.; HERNÁNDEZ, T. Changes in microbial activity after abandonment of cultivation in a semiarid mediterranean environment. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.26, n.1, p.285-291, 1997b.
- GEIGER, G.; GRANDL, H.; FURRER, G.; SHULIN, R. The effect of copper on the activity of cellulase and β -glucosidase in the presence of montmorillonite ou Al-montmorillonite. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.30, n.12, p.1537-1544, 1998.
- GERALDES, A.P.A.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n. 1, p. 55-60, 1995.

- GRISI, B.M. Biomassa e atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 10, n.1, p. 1-22, 1995.
- HUANG, Q.; SHINDO, H. Effects of copper on the activity and kinetics of free and immobilized acid phosphatase. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, n.13, p.1885-1892, 2000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. URL: **Levantamento sistemático da produção agrícola** - LSPA/IBGE. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/estatisticas/311-11.htm>
Acesso em 12 de abril de 2006.
- INGELS, C. A.; SCOW, K.M.; WHISSON, D.A; DRENOVSKY, R.E. Effects of cover crops on grapevine, yield, juice composition, soil microbial ecology, and gopher activity. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.56, n.1, p. 19-29, 2005.
- ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.27, n.4, p.408-416, 1998.
- ISLAM, K.R.; WEILL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agricultural Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.79, n.1, p.9-16, 2000.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (eds.) **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, v.5, p.415-471, 1981.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil - I. Fumigation with chloroform. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.8, n. 3, p.167-177, 1976 a.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil - V.A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.11, n.3, p.193-199, 1976b.
- KANDELER, E.; KAMPICHLER, C.; HORAK, O. Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities. **Biology Fertility Soils**, Berlin, v.23, n.3, p. 299-306, 1996.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, n.1, p.4-10, 1997.
- KARLEN, D.L.; WOLLENHAUPT, N.C.; ERBACH, D.C.; BERRY, E.C.; SWAN, J.B.; EASH, N.S.; JORDAHL, J.L. Long-term tillage effects on soil quality. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.32, n.4, p.51-96, 1994.

- KENNEDY, A.C. Microbial diversity in agroecosystem quality. In: COLLINS, W.W.; QUALSET, C.O. **Biodiversity in agroecosystems**. New York: CRC, p.1-17, 1998.
- KENNEDY, A.C.; PAPENDICK, R.I. Microbial characteristics of soil quality. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.50, n.3, p.243-248, 1995.
- KISS, S. DRAGAN-BULARDA, M.; RADULESCU, D. Biological significance of enzymes accumulated in soil. **Advances in Agronomy**, New York, v.27, p.25-87, 1975.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. Fondo de Cultura Económica, México, 1948.
- KUSHWAHA, C.P.; TRIPATHI, S.K.; SINGH, K.P. Variations in soil microbial biomass and N availability due to residue and tillage management in a dryland rice agroecosystem. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.56, n.3-4, p.153-166, 2000.
- LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. **Conservation and enhancement of soil quality. In: International board for soil reserarch and management (Bangok, Thailand) Evaluation for sustinnable land management in the developing world**. Bangkok, v.2, 1991. (IBSRAM- Proceedings, 12).
- 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, Viçosa**, v.27, n.5, p. 821-832, 2003.
- LEONARDO, H.C.L. **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do Estado do Paraná**. 2003. 121p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- LONGO, R.M.; MELO, W.J.de Atividade da urease em Latossolos sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.29, n.4, p.645-650, 2005.
- LUTZOW, M. Von; LEIFELD, J.; KAINZ, M.; KNABNER-KOGEL, I; MUNCH, J.C. Indications for soil organic matter quality in soils under different management. Amsterdam, **Geoderma**, v. 105, n. 3-4, p.243-258, 2002.
- LYNCH, J.M. **Biotechnologia do solo**: fatores agrobiológicos na produtividade agrícola, São Pulo: Manole, 1986, 209p.
- MACIEL, M.M.F.; MELO, W.J.de.; CHELLI, R.A.; LEITE, S.A.S. Biomassa microbiana de solos sob vegetação de cerrado e diferentes usos agrícolas em Planaltina (DF). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Resumos...** Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.

- MAFRA, A.L.; OLIVEIRA, O.L.P.; ALBUQUERQUE, J.A.; SCHEIDT, F.R.; MEDEIROS, J.C.; ROSA, J.D.; BERGAMIN, M. Manejo da cobertura do solo em videiras visando a preservação ambiental - II. Efeito das coberturas na fertilidade e física do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26. REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8. REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., Lages, 2004. **Resumos Expandidos...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo:Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2004. CD-ROM.
- MAFRA, A.L.; OLIVEIRA, O.L.P.; JUERGENS, J.P.; PALUDO, M.B.; ALBUQUERQUE, J.A.; MEDEIROS, J.C.; SCHEIDT, F.R.; ROSA, J.D. Plantas de coberturas e atributos físico-hídricos do solo em parreirais na Serra Gaúcha. II. Bento Gonçalves, RS. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003. **Resumos Expandidos...** Ribeirão Preto:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. 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**, Viçosa, v.23, n. 2, p.257-263, 1999.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. de Alterações na matéria orgânica na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p. 1177-1182, 2000.
- MATSUOKA, M. **Características biológicas de solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na Região de Primavera do Leste/MT**. 2001. 123p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2001.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na Região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, 2003.
- MELLO, L.M.R. Análise socioeconômica da vitivinicultura. In: KUHN, G.B. (ed.). **Uvas para processamento. Produção. Aspectos Técnicos**. Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho, 2003. p.15-23.
- MELLO, L.M.R. **Evolução da área vitícola do Rio Grande do Sul no decênio 1995-2004**, Embrapa Uva e Vinho - Bento Gonçalves, 2004, <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/evolucao95-05.pdf>. Acesso em abril de 2006.
- MELLO, L.M.R. **Produção e comercialização de uvas e vinhos - panorama 2005**, Embrapa Uva e Vinho - Bento Gonçalves, 2005,

<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/panorama2005-producao.pdf>. Acesso em abril de 2006.

- MENDES, I.C.; CARNEIRO, R.G.; CARVALHO, A.M.; VIVALDI, L.; VARGAS, M.A.T. **Biomassa-C e atividade microbiana em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional**. Planaltina : Embrapa Cerrados, 1999. 5p. (Embrapa Cerrados. Pesquisa em Andamento, 5).
- MENDES, I.C.; REIS-JUNIOR, F.B. dos; PEREIRA-NETO, J.V. Uso de indicadores biológicos e bioquímicos para avaliar a qualidade de solos de cerrado sob plantio direto e convencional. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25. REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7. REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4, Rio de Janeiro, 2002. **Resumos Expandidos...**Rio de Janeiro:SBCS, 2002. CD-ROM.
- MENDES, I.C.; SOUZA, L.V.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 435-445, 2003.
- MENDES, I.C.; VIVALDI, L.A. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob Mata de Galeria na região do Distrito Federal. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; SOUZA-SILVA, J.C. (eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina : Embrapa Cerrados, 2001. p.665-687.
- MENEZES, C.E.G.; PEREIRA, M.G.; DOS ANJOS, L.H.C.; SOUZA, J.M.P.F.; TOLEDO, L.O. Carbono da biomassa microbiana em solos no município de Pinheiral/RJ. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23. REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5. REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., Lavras, 1998. **Resumos Expandidos...** Lavras: Universidade Federal de Lavras:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo:Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1998. 863 p.
- MERCANTE, F.M.; FABRICIO, A.C.; GUIMARÃES, J.B.R. **Biomassa microbiana como parâmetro indicador da qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo**. Dourados: Embrapa Agropecuária do Oeste, 2000. p.1-5. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 27).
- MERCANTE, F.M.; FRANCELINO, C.S.F.; OTSUBO, I.M.N.; CAVALHEIRO, J.C.T.; SILVA-JÚNIOR, A. da Atributos microbiológicos avaliados em cultivo de mandioca sob diferentes coberturas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11, Campo Grande, 2005, **Anais...**, Campo Grande: Sociedade Brasileira de Mandioca, 2005.
- MILLER, W.N.; CASIDA Jr. L.E. Evidence for muramic acid in soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.16, p.299-304, 1970.

- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p. 1103-1110, 2004.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras : UFLA, 2002. 626 p.: il.
- MURAGE, E.W.; KARANJA, N.K.; SMITHSON, P.C.; WOOMER, P.L. Diagnostic indicators of soil quality in productive and non-productive smallholders' fields of Kenya's Central Highlands. **Agricultural Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.79, n.1, p.1-8, 2000.
- NAHAS, E.; CENTURION, J.F.; ASSIS, L.C. Efeito das características químicas dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, n.1, p.49-53, 1994.
- NEWELL, S.Y.; ARSUFFI, T.L.; FALLON, R.D. Fundamental procedures for determining ergosterol content of decaying plant material by chromatography. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.54, n. 7, p.1876-1879, 1988.
- OLIVEIRA, J.R.A. **O impacto de sistemas integrados de lavouras e pastagens na biomassa-C e na atividade biológica de um Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado**. 2000. 115f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000.
- OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: Avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. V.25, n.4. p. 863-872, 2001.
- OLIVEIRA, O.L.P.; FERREIRA, E.Z.; SAUL, S.M.; GABBARDO, M. **Manejo do solo e da cobertura verde em videiras visando a sustentabilidade: crescimento vegetativo, matéria seca das spp de cobertura, nutrientes no solo, produção e qualidade da uva**. Bento Gonçalves:Embrapa Uva e Vinho (no prelo).
- OLIVEIRA, O.L.P.; JUERGENS, J.P.; BELLÉ, V.; RIGO, J.C. **Manejo do solo e da cobertura verde em videiras visando a sustentabilidade**. Bento Gonçalves:Embrapa Uva e Vinho, 2004a. 4p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 55).
- OLIVEIRA, O.L.P.; PICCININI, C.S.; PALUDO, M.B.; JUERGENS, J.P. Manejo da cobertura do solo em videiras visando a preservação ambiental - I. Relação das espécies de coberturas com as videiras e com a produção e qualidade da uva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26. REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10. SIMPÓSIO BRASILEIRO

DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8. REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., Lages, 2004. **Resumos Expandidos...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2004b. CD-ROM.

PALMA, M.P.; CONTI, M.E. Urease activity in Argentine soils: field studies and influence of sample treatment. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.22, n., p.105-107, 1990.

PANCHOLY, S.K.; RICE, E. Soil enzymes in relation to old field succession: amilase, celulase, invertase, dehydrogenase, and urease. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.37, n.1, p.47-50, 1973.

PAOLETTI, M.G.; SOMMAGGIO, D.; FAVRETTO, M.R.; PETROZZELLI, G.; PEZZAROSSA, B.; BARBAFIERI, M. Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.10, n.1-2, p. 137-150, 1998.

PAPENDIK, R.; PARR, J.F. Soil quality: The key to sustainable agriculture. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 7, n. 1, p. 2-3, 1992.

PARTON, W.J.; SANFORD, R.L.; SANCHEZ, P.A.; STEWART, J.W.B. Modeling soil organic matter dynamics in tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; WEHARA, G. (eds.) **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu, NifTal Project, 1989. p.153-171.

PASCUAL, J.A.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; MORENO, J.L.; ROS, M. Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, n.12, p.1877-1883, 2000.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1996. 340p.

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

REID, J.B.; GOSS, M.J. Changes in the aggregate stability of sandy loam effected by growing roots of perennial ryegrass (*lolium perenne*). **Journal Science Food Agriculture**, London, v.31, p.325-328, 1980.

SAGGAR, S.; YEATES, G.W.; SHEPHERD, T.G. Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gkeyic Luvisol soils in New Zeland. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.58, n. 1-2, p.55-68, 2001.

SANNINO, F.; GIANFREDA, L. Pesticide influence on soil enzymatic activities. **Chemosphere**, Kidlington, v.45, n.4-5, p.417-425, 2001.

- SANTANA, M.S.; MENDES, I.C. Atividade enzimática em áreas de Cerradão e mata de galeria na região do Distrito Federal. In: ENCONTRO DE JOVENS TALENTOS DA EMBRAPA CERRADOS: CONSTRUINDO O CONHECIMENTO FUTURO,1. Planaltina, 2000. **Resumos...** Planaltina: Embrapa-Cerrados, 2000, 28 p.
- SANTOS, J.B.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; VIVIAN, R.; COSTA, M.D.; SILVA, A.F. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta daninha**, Viçosa, v.23, n.4, p. 683-691, 2005.
- SCHMITZ, J.A.K. **Indicadores biológicos de qualidade do solo**. 2003. 234f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- SILVA, R.R. da. **Qualidade do solo em função de diferentes sistemas de manejo na região Campos das Vertentes bacia alto do rio Grande-MG**. 2001. 96p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M.; STOTZKY, G. (eds.) **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1990. v.6, p.357-396.
- SPARLING, G.; ZHU, C. Evaluation and calibration of biochemical methods to measure microbial biomass C and N in soils from western Austrália. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, n. 12, p.1793-1801, 1993.
- SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indication of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.30, n.2, p.195-207, 1992.
- STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbial indicators. **Soil and Plant Science**, Copenhagen, v.49, n.1, p.1-24, 1999.
- TABATABAI, M.A. Effects of trace elements on urease activity in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.9., n.1, p.9-13, 1977.
- TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A.; BOTTOMELEY, P.J., (eds.) **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, Part 2., p.778-835, 1994. (Special Publication, 5).
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, J.S. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre : Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174p.(Boletim Técnico de Solos, 5).
- TOTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos com indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.;

- BARROS, N.F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2002, v. 2, p.195-276, 2002.
- TRASAR-CEPEDA, C.; LEIRÓS, M.C.; SEOANE, S.; GIL-STORES, F. Limitations of soil enzymes as indicators of soil pollution. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, n., p.1867-1875, 2000.
- TURCO, R.F.; KENNEDY, A.C.; JAWSON, M.D. Microbial indicators of soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (eds) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA: ASA, 1994. p.73-90. (SSSA Special Publication, 35).
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, n.6, 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**, Viçosa, v.24, n.1, p.35-42, 2000.
- WALDROP, M.P.; BALSER, T.C; FIRESTONE, M.K. Linking microbial community composition to function in a tropical soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, n.13, p.1837-1846, 2000.
- WARDLE, D.A.; HUNGRIA, M. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (eds.) **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão: Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Brasília:EMBRAPA-SPI, 1994. 236p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos. 44).
- WARDLE,D.A. Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: a global scale synthesis. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.30, n.13, p.1627-1637, 1998.
- WICK, B.; TIESSEN, H.; MENEZES, R.S.C. Land quality changes following the conversion of the natural vegetation into silvo-pastoral systems in semi-arid NE Brazil. **Plant and Soil**, The Hague, v.222, n. 1-2, p.59-70, 2000.
- WUTKE, E.B.; CARVALHO, C.R.L.; COSTA, F.; TERRA, M.M; PIRES, E.J.P.; SECCO, I.L.; RIBEIRO, I.J.A. Qualidade de frutos de videira "Niágara Rosada" em cultivo intercalar com gramínea e leguminosas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.92-96, 2004.
- ZILLI,J.E.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R.; COUTINHO, H.L.C.da; NEVES, M.C.P. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Caderno de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.20, n.3, p.391-411, 2003.

8. APÊNDICES

APÊNDICE 01. Levantamento das espécies de plantas nativas espontâneas usadas como cobertura em Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira. (Embrapa – Bento Gonçalves/RS).

Embrapa – Convencional ⁽¹⁾	Embrapa - Alternativo
AMARANTHACEAE	AMARANTHACEAE
Amaranthus hybridus L.	Amaranthus lividus L.
Amaranthus lividus L.	APIACEAE (UMBELLIFERAE)
APIACEAE (UMBELLIFERAE)	Centella asiatica (Linn.) Urban.
Apium leptophyllum (Pers.) F. Muell.	Daucus pusillus L.
Daucus pusillus L.	ASTERACEAE (COMPOSITAE)
ASTERACEAE (COMPOSITAE)	Bidens pilosa L.
Bidens pilosa L.	Mikania sp.
Conyza bonariensis (L.) Cronq.	Chaptalia nutans (L.) Pol.
Galinsoga parviflora Cav.	Conyza bonariensis (L.) Cronq.
Gamochaeta americana (Mill.) Wedd.	Chrysanthemum leucanthum L.
Gamochaeta spicata (Lam.) Cabr.	Galinsoga parviflora Cav.
Gamochaeta sp.	Hieracium sp.
Hypochoeris brasiliensis (Less.) Griseb.A66	Hypochoeris brasiliensis (Less.)
Melampodium sp.	Benth. et Hook. ex Griseb.
Sonchus oleraceus L.	Melampodium sp.
Taraxacum officinale Weber	Sonchus oleraceus L.
BRASSICACEAE (CRUCIFERAE)	Taraxacum officinale Weber
Raphanus raphanistrum L.	CONVOLVULACEAE
COMMELINACEAE	Dichondra macrocalyx Sw.
Commelina sp.	Ipomoea grandifolia (Dammer)
CONVOLVULACEAE	O'Donell
Ipomoea grandifolia (Dammer) O'Donell	CYPERACEAE
Ipomoea sp.	Cyperus luzulae (L.) Retz.
CYPERACEAE	Cyperus hermaphroditus (Sac.)
Cyperus hermaphroditus (Sac.) Stand.	Stand.
	Cyperus incomtus Kunth.
	Kilinga odorata Vahl
	EUPHORBIACEAE

Apêndice 01. Continuação...

Cyperus rigens Presl.

Kilingia odorata Vahl

EUPHORBIACEAE

Euphorbia heterophylla L.

Chamaesyce hirtum L.

FABACEAE

Medicago lupulina L.

Trifolium repens L.

Trifolium cf. pratense Linn

Vicia sp.

IRIDACEAE

Sisyrinchium sp.

LYTHRACEAE

Cuphea sp.

MALVACEAE

Sida rhombifolia L.

OXALIDACEAE

Oxalis corniculata L.

Oxalis lasiopetala

Oxalis sp.

PLANTAGINACEAE

Plantago australis Lam.

Plantago lanceolata L.

POACEAE (GRAMINEAE)

Axonopus compressus (Sw.) Beauv.

Brachiaria plantaginea (Link) Hitchcok

Digitaria ciliaris (Reitz) Koel

Lolium multiflorum Lam.

Euphorbia heterophylla L.

Chamaesyce hirtum L.

FABACEAE

Desmodium uncinatum (Jacq.) DC.

Trifolium repens L.

Trifolium cf. pratense Linn

Vicia sp.

HYPOXIDACEAE

Hypoxis decumbens L.

IRIDACEAE

Sisyrinchium sp.

LYTHRACEAE

Cuphea calophylla Cham. Et

Schlecht.

MALVACEAE

Sida rhombifolia L.

OXALIDACEAE

Oxalis corniculata L.

Oxalis lasiopetala

Oxalis sp.

PLANTAGINACEAE

Plantago australis Lam.

Plantago lanceolata L.

POACEAE (GRAMINEAE)

Agrostis montevidensis Spreng. ex

Nees

Avena fatua L.

Axonopus compressus (Sw.) Beauv.

Brachiaria plantaginea (Link)

Hitchcok

Bromus catharticus Vahl

Apêndice 01. Continuação...

Paspalum conjugatum Bergius

Paspalum dilatatum Poir.

Paspalum mandiocanum Trinius

Paspalum paniculatum L.

Paspalum sp.

Setaria parviflora (Poir.) Kerg.

POLYGONACEAE

Rumex sp.

Polygonum sp.

Rumex pulcher L.

PORTULACACEAE

Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn..

PRIMULACEAE

Anagallis arvensis L.

POLYPODIACEAE

Polypodium sp.

Thelypteris dentata (Forssk) E. P. St. John.

ROSACEAE

Fragaria vesca L.

RUBIACEAE

Diodia dasycephala Cham. et Schlecht.

Richardia brasiliensis Gomez

SCROPHULARIACEAE

Stemodia verticilata (Mill.) Hassler

SOLANACEAE

Solanum americanum Mill.

URTICACEAE

Parietaria debilis G. Forst

Digitaria ciliaris (Reitz) Koel

Lolium multiflorum Lam.

Paspalum conjugatum Bergius

Paspalum dilatatum Poir.

Paspalum notatum Flügge

Paspalum paniculatum L.

Paspalum mandiocanum Trinius

Paspalum urvillei Steud.

Setaria parviflora (Poir.) Kerg.

POLYGONACEAE

Rumex pulcher L.

Polygonum sp.

PORTULACACEAE

Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn.

POLYPODIACEAE

Adiantum cuneatum Langsd et Fisch

Polypodium sp.

Thelypteris dentata (Forssk) E. P. St. John.

PTERIDACEAE

Hypolepsis repens (L.) Presl.

RUBIACEAE

Diodia dasycephala Cham. et Schlecht.

Richardia brasiliensis Gomez

SCROPHULARIACEAE

Veronica persica L.

SOLANACEAE

Solanum mauritianum Scop.

(1) Adaptado de Oliveira et al. (no prelo).

APÊNDICE 02. Umidade gravimétrica de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois tipos de manejos das coberturas e vegetação nativa, em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm.

Tratamentos	Umidade gravimétrica (g Kg ⁻¹)			
	Meses			
	Abril/2004	Outubro/2004	Março/2005	Julho/2005
Manejo Convencional				
VN ⁽¹⁾	265	330	246	300
A	272	312	232	283
MF	259	289	243	282
E	255	312	240	289
Manejo Alternativo				
VN	271	306	243	285
A	269	315	241	280
MF	264	308	241	301
E	272	311	230	280
SC	ND ⁽²⁾	343	252	374
MN	228	352	214	305

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

APÊNDICE 03. Umidade gravimétrica de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes e vegetação nativa, em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm.

Tratamentos	Umidade gravimétrica (g Kg ⁻¹)			
	Meses			
	Abril/2004	Outubro/2004	Março/2005	Julho/2005
Neossolo Litólico distrófico				
ASP⁽¹⁾	268	340	258	234
MF	271	345	255	318
ACPM	264	325	264	196
VN	257	335	264	233
CP	275	338	257	228
SC	ND ⁽²⁾	368	270	343
MN	397	511	344	412
Cambissolo Húmico distrófico				
ASP	252	344	251	294
MF	241	323	251	297
ACPM	297	356	134	290
VN	285	376	265	291
CP	202	354	222	280
SC	ND	350	209	255
MN	324	353	139	326

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo; MN =mata nativa.

(2) ND= não determinado

APÊNDICE 04. Temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar no período de janeiro de 2004 a agosto de 2005. (Estação meteorológica Embrapa-Uva e Vinho, Bento Gonçalves/RS).

Mês	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)	Precipitação Pluviométrica (mm)
	Média	Máxima	Mínima		
Janeiro	22,1	28,3	17,7	68	98,4
Fevereiro	21,1	27,2	16,7	67	123,0
Março	20,8	27,5	16,3	65	50,9
Abril	19,8	26,1	15,5	66	97,1
Mai	13,1	18,0	9,9	83	187,7
Junho	14,1	19,1	10,7	74	70,2
Julho	11,6	16,7	8,0	70	184,6
Agosto	13,8	20,0	9,5	67	39,0
Setembro	17,1	22,6	13,5	75	168,3
Outubro	16,6	22,8	11,8	65	158,8
Novembro	18,1	24,1	13,7	72	150,4
Dezembro	21,0	28,1	15,7	75	50,5
Janeiro	23,4	31,1	17,7	71	49,6
Fevereiro	22,7	30,7	17,7	75	55,5
Março	21,6	28,7	16,9	76	128,3
Abril	17,6	23,1	14,1	88	180,6
Mai	16,6	21,9	12,9	78	213,8
Junho	15,8	19,8	13,4	83	128,3
Julho	12,2	17,5	8,4	69	117,6
Agosto	14,1	20,7	11,1	72	205,4

APÊNDICE 05. Temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar no período de janeiro de 2004 a agosto de 2005. (Estação meteorológica do Centro Tecnológico da Cooperativa Aurora).

Mês	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)	Precipitação Pluviométrica (mm)
	Média	Máxima	Mínima		
Janeiro	20,5	27,4	15,9	76	99,2
Fevereiro	19,1	25,8	14,5	69	88,2
Março	18,9	26,3	14,3	68	43,0
Abril	18,3	25,0	13,9	71	90,2
Mai	11,9	16,5	9,0	85	170,4
Junho	13,8	18,9	10,3	82	78,4
Julho	10,8	16,1	7,4	75	162,8
Agosto	13,5	19,9	8,8	68	48,3
Setembro	16,5	22,3	12,4	74	166,0
Outubro	15,7	22,5	10,6	70	187,6
Novembro	17,7	24,0	13,0	73	141,2
Dezembro	19,4	26,3	14,5	68	44,4
Janeiro	21,6	29,0	16,0	63	55,4
Fevereiro	21,5	29,1	16,7	68	21,6
Março	21,2	28,1	16,6	69	121,4
Abril	17,2	22,6	13,9	85	217,3
Mai	15,9	20,4	12,3	77	240,0
Junho	15,2	19,3	12,4	85	151,4
Julho	12,1	17,3	7,9	69	119,2
Agosto	14,0	19,9	9,8	71	196,8

APÊNDICE 06. Temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar no período de janeiro de 2004 a agosto de 2005. (Estação meteorológica Valduga Vale dos Vinhedos).

Mês	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)	Precipitação Pluviométrica (mm)
	Média	Máxima	Mínima		
Janeiro	22,6	30,2	17,1	68	86,1
Fevereiro	20,8	28,4	15,6	70	135,1
Março	20,9	29,5	15,2	67	68,7
Abril	19,5	27,8	14,5	70	95,9
Mai	12,6	18,5	9,3	88	174,4
Junho	14,4	21,7	10,3	81	85,0
Julho	12,1	18,9	7,7	73	204,2
Agosto	14,2	22,3	9,2	72	49,5
Setembro	17,1	23,9	12,9	75	161,7
Outubro	16,8	24,6	10,9	66	164,1
Novembro	18,6	25,6	12,9	65	155,9
Dezembro	21,5	28,8	15,7	64	39,4
Janeiro	23,3	31,3	16,9	68	51,9
Fevereiro	22,6	30,6	17,0	70	52,3
Março	22,0	29,6	16,8	67	140,4
Abril	17,9	24,1	14,2	70	214,3
Mai	16,8	23,5	12,8	88	233,7
Junho	15,9	21,5	12,8	81	144,9
Julho	12,2	19,5	7,9	73	131,3
Agosto	14,7	22,2	10,1	72	215,0

APÊNDICE 07. Análise de variância das variáveis carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana (RM), quociente microbiano (qMic) e quociente metabólico (qCO₂) em Cambissolo Háplico eutrófico em quatro épocas de coletas.

Causa da Variação	CBM	Variáveis		
		RM	qMic	qCO ₂
Abril/2004				
Coberturas verdes	*	ns	**	**
Manejo das coberturas	ns	*	ns	ns
Coberturas x Manejos	ns	ns	ns	ns
Outubro/2004				
Coberturas verdes	-	ns	-	-
Manejo das coberturas	-	**	-	-
Coberturas x Manejos	-	ns	-	-
Março/2005				
Coberturas verdes	ns	ns	ns	ns
Manejo das coberturas	**	**	**	ns
Coberturas x Manejos	ns	ns	ns	ns
Julho/2005				
Coberturas verdes	ns	ns	*	ns
Manejo das coberturas	**	*	**	**
Coberturas x Manejos	ns	ns	ns	*

- (1). ns= não significativo.
 (2). * significativo a um nível de confiança de 5%
 (3). ** significativo a um nível de confiança de 1%

APÊNDICE 08. Análise de variância das variáveis carbono orgânico total (COT) e suas frações carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado a minerais (COAM) em Cambissolo Háplico eutrófico.

Causa da Variação	Variáveis		
	COT	COP	COAM
Coberturas verdes	ns	ns	ns
Manejo das coberturas	ns	**	ns
Coberturas x Manejos	ns	ns	ns

- (1). ns= não significativo.
 (2). * significativo a um nível de confiança de 5%
 (3). ** significativo a um nível de confiança de 1%

APÊNDICE 09. Análise de variância das variáveis β -glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease em Cambissolo Háplico eutrófico em três épocas de coleta.

Causa da Variação	Variáveis			
	β -glucosidase	Fosfatase ácida	Amidase	Urease
Abril/2004				
Coberturas verdes	ns	-	ns	-
Manejo das coberturas	**	-	*	-
Coberturas x Manejos	ns	-	ns	-
Outubro/2004				
Coberturas verdes	ns	ns	ns	ns
Manejo das coberturas	ns	ns	**	**
Coberturas x Manejos	ns	ns	ns	ns
Março/2005				
Coberturas verdes	ns	ns	ns	*
Manejo das coberturas	ns	ns	*	**
Coberturas x Manejos	ns	ns	*	ns

(1). ns= não significativo.

(2). * significativo a um nível de confiança de 5%

(3). ** significativo a um nível de confiança de 1%

APÊNDICE 10. Carbono da biomassa microbiana de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Carbono da Biomassa Microbiana (mg C kg ⁻¹ solo)					
	Abril/2004*		Março/2005*		Julho/2005*	
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽¹⁾	406 Aa	421 Aa	186 Ab	243 Aa	198 Ab	463 Aa
A	374 ABa	265 ABa	170 Ab	271 Aa	253 Ab	496 Aa
MF	392 Aa	449 Aa	182 Ab	292 Aa	167 Ab	491 Aa
E	261 Ba	237 Ba	166 Ab	259 Aa	126 Ab	443 Aa
SC**	ND ⁽²⁾		332 A		430 B	
MN**	600		340 A		541 A	
Médias	358	343	176	266	186	473
CV (%)	24,79		20,70		17,62	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas na linha (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Comparação somente entre as áreas de referência SC e MN.

APÊNDICE 11. Carbono Orgânico Total (COT) e suas frações Carbono Orgânico Particulado (COP) e Carbono Orgânico Associado a Minerais (COAM) de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	COT		COP		COAM	
	g kg ⁻¹					
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽¹⁾	36,3 Aa	35,4 Aa	5,9 Aa	4,1 Ab	30,4 Aa	31,3 Aa
A	36,7 Aa	34,7 Aa	5,6 Aa	5,1 Ab	31,1 Aa	29,6 Aa
MF	34,7 Aa	36,3 Aa	5,2 Aa	4,8 Ab	29,5 Aa	31,5 Aa
E	35,7 Aa	35,4 Aa	5,5 Aa	4,2 Ab	30,2 Aa	31,2 Aa
SC**	44,1 A		3,5 B		40,6 A	
MN**	45,2 A		6,6 A		38,6 A	
Médias	35,9	35,5	5,5	4,5	30,3	30,9
CV (%)	6,5		10,4		7,9	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas na linha (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Comparação somente entre as áreas de referência SC e MN.

APÊNDICE 12. Quociente microbiano de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Quociente Microbiano (%)					
	Abril/2004*		Março/2005*		Julho/2005*	
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽¹⁾	1,12 Aa	1,17 Aa	0,51 Ab	0,70 Aa	0,54 ABb	1,30 ABa
A	0,97 ABa	0,71 ABa	0,47 Ab	0,78 Aa	0,70 Ab	1,43 Aa
MF	1,09 Aa	1,24 Aa	0,53 Ab	0,80 Aa	0,48 ABb	1,35 ABa
E	0,73 Ba	0,68 Ba	0,47 Ab	0,73 Aa	0,36 Bb	1,26 Ba
SC**	ND ⁽²⁾		0,76 A		0,98 A	
MN**	1,32		0,75 A		1,20 A	
Médias	0,98	0,95	0,50	0,75	0,52	1,34
CV (%)	13,79		11,63		9,21	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas na linha (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Comparação somente entre as áreas de referência SC e MN.

APÊNDICE 13. Respiração microbiana de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Respiração Microbiana (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo)							
	Abril/2004*		Outubro/2004*		Março/2005*		Julho/2005*	
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽¹⁾	169 Aa	153 Ab	172 Aa	115 Ab	61 Ab	120 Aa	112 Ab	151 Aa
A	177 Aa	139 Ab	159 Aa	148 Ab	93 Ab	111 Aa	124 Ab	147 Aa
MF	146 Aa	118 Ab	160 Aa	131 Ab	85 Ab	134 Aa	126 Ab	143 Aa
E	253 Aa	162 Ab	179 Aa	120 Ab	89 Ab	102 Aa	121 Ab	126 Aa
SC**	ND ⁽²⁾		127 A		108 A		218 A	
MN**	212		168 A		104 A		200 A	
Médias	186	143	168	129	82	117	121	142
CV (%)	28,29		18,00		17,12		12,28	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas na linha (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Comparação somente entre as áreas de referência SC e MN.

APÊNDICE 14. Quociente metabólico de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Quociente Metabólico (mgC-CO ₂ mg Cmic ⁻¹ dia ⁻¹)					
	Abril/2004*		Março/2005*		Julho/2005*	
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽¹⁾	0,022 Ba	0,019 Ba	0,017 Aa	0,026 Aa	0,031 Ba	0,017 Ab
A	0,021 ABa	0,030 ABa	0,027 Aa	0,020 Aa	0,025 Ba	0,015 Aa
MF	0,020 Ba	0,013 Ba	0,025 Aa	0,023 Aa	0,038 ABa	0,015 Ab
E	0,051 Aa	0,039 Aa	0,027 Aa	0,021 Aa	0,055 Aa	0,014 Ab
SC**	ND ⁽²⁾		0,016 A		0,025 A	
MN**	0,019		0,015 A		0,019 A	
Médias	0,029	0,025	0,024	0,023	0,037	0,015
CV (%)	20,55		13,31		13,77	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas na linha (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Comparação somente entre as áreas de referência SC e MN.

APÊNDICE 15. Atividade da enzima β -glucosidase de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	β -glucosidase ($\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$)					
	Abril/2004*		Outubro/2004*		Março/2005*	
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽¹⁾	186 Aa	138 Ab	190 Aa	184 Aa	139 Aa	153 Aa
A	169 Aa	103 Ab	196 Aa	206 Aa	152 Aa	142 Aa
MF	175 Aa	93 Ab	210 Aa	206 Aa	129 Aa	187 Aa
E	158 Aa	113 Ab	197 Aa	172 Aa	132 Aa	129 Aa
SC**	ND ⁽²⁾		150 B		182 A	
MN**	235		241 A		85 B	
Médias	172	112	198	192	138	153
CV (%)	17,68		10,98		15,80	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas na linha (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Comparação somente entre as áreas de referência SC e MN.

APÊNDICE 16. Atividade da enzima fosfatase ácida de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Fosfatase ácida ($\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$)			
	Outubro/2004*		Março/2005*	
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽¹⁾	489 Aa	456 Aa	653 Aa	647 Aa
A	509 Aa	530 Aa	760 Aa	673 Aa
MF	492 Aa	533 Aa	622 Aa	644 Aa
E	493 Aa	546 Aa	658 Aa	609 Aa
SC**	757 B		1116 A	
MN**	990 A		883 B	
Médias	496	516	556	643
CV (%)	7,38		16,36	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas na linha (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Comparação somente entre as áreas de referência SC e MN.

APÊNDICE 17. Atividade da enzima amidase de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Amidase ($\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$)					
	Abril/2004*		Outubro/2004*		Março/2005*	
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽¹⁾	243 Ab	300 Aa	206 Ab	264 Aa	277 Aa	325 Aa
A	239 Ab	303 Aa	212 Ab	255 Aa	291 Aa	319 Aa
MF	259 Ab	304 Aa	189 Ab	267 Aa	272 Ab	423 Aa
E	275 Ab	295 Aa	221 Ab	268 Aa	363 Aa	322 Aa
SC**	ND ⁽²⁾		324 B		448 A	
MN**	549		485 A		445 A	
Médias	254	301	207	264	301	347
CV (%)	11,51		14,38		13,00	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas na linha (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Comparação somente entre as áreas de referência SC e MN.

APÊNDICE 18. Atividade da enzima urease de um Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas, área sem cultivo de videira e mata nativa, em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Urease ($\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$)			
	Outubro/2004*		Março/2005*	
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽¹⁾	48 Ab	64 Aa	54 ABb	72 ABa
A	48 Ab	77 Aa	49 Bb	62 Ba
MF	49 Ab	63 Aa	59 ABb	78 ABa
E	53 Ab	60 Aa	60 Ab	91 Aa
SC**	59 B		110 A	
MN**	126 A		124 A	
Médias	50	66	56	76
CV (%)	15,30		11,97	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo manejo) e minúsculas na linha (coberturas entre os manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Comparação somente entre as áreas de referência SC e MN.

APÊNDICE 19. Análise de variância das variáveis carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana (RM), quociente microbiano (qMic) e quociente metabólico (qCO₂) em Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico em quatro épocas de coleta.

Causa da Variação	CBM	Variáveis		
		RM	qMic	qCO ₂
Abril/2004				
Coberturas verdes	**	**	**	*
Solos	**	ns	**	*
Coberturas x Solos	**	**	**	**
Outubro/2004				
Coberturas verdes	-	**	-	-
Solos	-	**	-	-
Coberturas x Solos	-	**	-	-
Março/2005				
Coberturas verdes	**	**	**	**
Solos	ns	**	ns	**
Coberturas x Solos	ns	ns	ns	ns
Julho/2005				
Coberturas verdes	**	ns	**	**
Solos	**	**	ns	**
Coberturas x Solos	**	*	ns	*

(1). ns= não significativo.

(2). * significativo a um nível de confiança de 5%

(3). ** significativo a um nível de confiança de 1%

APÊNDICE 20. Análise de variância das variáveis carbono orgânico total (COT) e suas frações carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado a minerais (COAM) em Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico.

Causa da Variação	Variáveis		
	COT	COP	COAM
Coberturas verdes	ns	ns	*
Solos	**	ns	**
Coberturas x Solos	*	ns	*

(1). ns= não significativo.

(2). * significativo a um nível de confiança de 5%

(3). ** significativo a um nível de confiança de 1%

APÊNDICE 21. Análise de variância das variáveis β -glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease em Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico em três épocas de coleta.

Causa da Variação	Variáveis			
	β -glucosidase	Fosfatase ácida	Amidase	Urease
Abril/2004				
Coberturas verdes	ns	**	ns	-
Solos	**	**	ns	-
Coberturas x Solos	ns	**	ns	-
Outubro/2004				
Coberturas verdes	*	**	**	ns
Solos	**	**	ns	**
Coberturas x Solos	ns	**	**	**
Março/2005				
Coberturas verdes	**	**	**	**
Solos	**	**	ns	**
Coberturas x Solos	ns	ns	**	**

(1). ns= não significativo.

(2). * significativo a um nível de confiança de 5%

(3). ** significativo a um nível de confiança de 1%

APÊNDICE 22. Carbono da biomassa microbiana de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Carbono da Biomassa Microbiana (mg C kg ⁻¹ solo)					
	Abril/2004*		Março/2005*		Julho/2005*	
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP⁽¹⁾	94 BCa	73 Ca	83 BCa	117 BCa	179 Ba	198 Ba
MF	20 Cb	178 BCa	180 ABa	162 ABa	239 ABa	201 Ba
ACPM	278 Aa	304 Aa	93 BCa	130 BCa	218 ABa	289 Ba
VN	204 ABb	294 ABa	138 BCa	126 BCa	166 Ba	173 Ba
CP	80 Cb	286 ABa	57 Ca	73 Ca	224 ABa	173 Ba
SC	ND ⁽²⁾	ND ⁽²⁾	255 Aa	211 Aa	341 Ab	659 Aa
MN**	892	297	312	397	504	1268
Médias	261	239	160	174	267	423
CV (%)	27,44		31,97		20,48	

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas na linha (coberturas entre solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Não foi comparada estatisticamente com os tratamentos de cobertura verde.

APÊNDICE 23. Carbono Orgânico Total (COT) e suas frações Carbono Orgânico Particulado (COP) e Carbono Orgânico Associado a Minerais (COAM) de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	COT		COP		COAM	
	g kg ⁻¹					
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP⁽¹⁾	39,0 Aa	40,3 ABa	6,4 Aa	9,6 Aa	32,6 Aa	30,6 Aa
MF	34,4 Ab	42,5 ABa	6,4 Aa	9,3 Aa	27,9 ABa	33,2 Aa
ACPM	35,2 Aa	39,4 Ba	13,6 Aa	9,4 Aa	21,6 Bb	30,1 Aa
VN	38,3 Aa	39,4 Ba	11,8 Aa	7,9 Aa	26,5 ABa	31,5 Aa
CP	36,5 Aa	40,6 ABa	10,8 Aa	8,5 Aa	25,7 ABb	32,2 Aa
SC	35,3 Ab	46,7 Aa	8,7 Aa	8,1 Aa	26,6 ABb	38,5 Aa
MN**	37,9	56,3	12,0	11,1	26,0	45,3
Médias	36,7	43,6	9,9	9,1	26,7	34,5
CV (%)	6,8		26,9		11,7	

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas na linha (coberturas entre solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Não foi comparada estatisticamente com os tratamentos de cobertura verde.

APÊNDICE 24. Quociente microbiano de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Quociente Microbiano					
	(%)					
	Abril/2004*		Março/2005*		Julho/2005*	
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP ⁽¹⁾	0,25 Ca	0,18 Ca	0,21 CDa	0,29 CDa	0,46 Ba	0,49 Ba
MF	0,06 Cb	0,40 BCa	0,52 ABa	0,38 ABa	0,69 Ba	0,48 Ba
ACPM	0,79 Aa	0,76 Aa	0,26 BCDA	0,33 BCDA	0,62 Ba	0,73 Ba
VN	0,53 ABa	0,74 ABa	0,36 BCa	0,32 BCa	0,43 Ba	0,44 Ba
CP	0,22 Bb	0,70 ABa	0,16 Da	0,18 Da	0,62 Ba	0,43 Ba
SC	ND ⁽²⁾	ND ⁽²⁾	0,73 Aa	0,45 Aa	0,96 Aa	1,41 Aa
MN**	2,35	0,53	0,83	0,70	1,35	2,25
Médias	0,70	0,55	0,44	0,38	0,73	0,89
CV (%)	16,10		16,32		17,12	

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas na linha (coberturas entre solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Não foi comparada estatisticamente com os tratamentos de cobertura verde.

APÊNDICE 25. Respiração microbiana de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em quatro épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Respiração Microbiana (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo)							
	Abril/2004*		Outubro/2004*		Março/2005*		Julho/2005*	
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP⁽¹⁾	130 Cb	213 ABa	75 Cb	244 Aa	43 Bb	128 Ba	92 Ab	187 Aa
MF	54 Db	152 BCa	105 Cb	203 Aa	76 ABb	136 ABa	134 Ab	194 Aa
ACPM	225 Ba	237 Aa	206 Ba	218 Aa	83 Ab	160 Aa	146 Aa	169 Aa
VN	124 CDa	171 ABa	131 BCb	202 Aa	73 ABb	150 ABa	93 Ab	210 Aa
CP	330 Aa	95 Cb	149 BCa	175 Aa	63 Bb	118 Ba	84 Ab	188 Aa
SC	ND ⁽²⁾	ND ⁽²⁾	296 Aa	214 Ab	71 ABb	141 ABa	126 Ab	230 Aa
MN**	146	336	229	146	153	150	199	171
Médias	168	201	170	200	80	140	125	193
CV (%)	17,61		17,91		13,08		16,11	

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas na linha (coberturas entre solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Não foi comparada estatisticamente com os tratamentos de cobertura verde.

APÊNDICE 26. Quociente metabólico de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Quociente Metabólico (mgC-CO ₂ mg Cmic ⁻¹ dia ⁻¹)					
	Abril/2004*		Março/2005*		Julho/2005*	
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP ⁽¹⁾	0,07 Ba	0,19 Aa	0,03 ABb	0,06 ABa	0,03 Ab	0,05 ABa
MF	0,15 ABa	0,07 ABa	0,02 Bb	0,04 Ba	0,03 Ab	0,05 ABa
ACPM	0,04 Ba	0,04 ABa	0,05 ABb	0,07 ABa	0,03 Aa	0,03 BCa
VN	0,03 Ba	0,03 Ba	0,03 ABb	0,06 ABa	0,03 Ab	0,07 Aa
CP	0,28 Aa	0,02 Bb	0,08 Ab	0,09 Aa	0,02 Ab	0,06 ABa
SC	ND ⁽²⁾	ND ⁽²⁾	0,01 Bb	0,03 Ba	0,02 Aa	0,02 Ca
MN**	0,01	0,06	0,02	0,02	0,02	0,01
Médias	0,10	0,07	0,03	0,05	0,03	0,04
CV (%)	34,11		25,19		15,78	

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas na linha (coberturas entre solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Não foi comparada estatisticamente com os tratamentos de cobertura verde.

APÊNDICE 27. Atividade da enzima β -glucosidase de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	β -glucosidase ($\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$)					
	Abril/2004*		Outubro/2004*		Março/2005*	
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP⁽¹⁾	98 Ab	163 Aa	96 ABb	250 ABa	69 ABb	170 ABa
MF	79 Ab	149 Aa	94 Bb	210 Ba	95 Ab	172 Aa
ACPM	83 Ab	189 Aa	158 Ab	268 Aa	111 Ab	209 Aa
VN	121 Ab	177 Aa	135 ABb	242 ABa	94 Ab	176 Aa
CP	114 Ab	119 Aa	111 ABb	238 ABa	50 Bb	114 Ba
SC	ND ⁽²⁾	ND ⁽²⁾	150 Ab	272 Aa	92 Ab	228 Aa
MN**	153	111	310	108	113	76
Médias	108	151	151	227	89	164
CV (%)	27,81		17,51		20,45	

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas na linha (coberturas entre solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Não foi comparada estatisticamente com os tratamentos de cobertura verde.

APÊNDICE 28. Atividade da enzima fosfatase ácida de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Fosfatase ácida ($\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$)					
	Abril/2004		Outubro/2004*		Março/2005*	
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP⁽¹⁾	256 Aa	328 Ca	301 Bb	466 Ba	168 Bb	475 Ba
MF	266 Ab	674 Aa	346 Bb	434 Ba	241 Bb	454 Ba
ACPM	217 Ab	458 BCa	405 Ba	423 Ba	207 Bb	487 Ba
VN	253 Ab	576 ABa	365 Bb	447 Ba	204 Bb	441 Ba
CP	222 Ab	640 ABa	334 Bb	522 Ba	164 Bb	339 Ba
SC	ND ⁽²⁾	ND ⁽²⁾	1525 Aa	1251 Ab	716 Ab	761 Aa
MN**	764	1143	1765	1409	696	726
Médias	330	637	720	707	342	526
CV (%)	19,26		7,41		18,43	

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas na linha (coberturas entre solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Não foi comparada estatisticamente com os tratamentos de cobertura verde.

APÊNDICE 29. Atividade da enzima amidase de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Amidase ($\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$)					
	Abril/2004*		Outubro/2004*		Março/2005*	
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP⁽¹⁾	188 Aa	183 Aa	105 Bb	176 Ba	128 Ba	175 Ba
MF	162 Aa	198 Aa	96 Ba	143 Ba	100 Bb	168 Ba
ACPM	194 Aa	212 Aa	174 Ba	171 Ba	164 Ba	173 Ba
VN	245 Aa	217 Aa	180 Ba	160 Ba	167 Ba	176 Ba
CP	209 Aa	166 Aa	167 Ba	166 Ba	127 Ba	122 Ba
SC	ND ⁽²⁾	ND ⁽²⁾	371 Aa	273 Ab	366 Aa	288 Ab
MN**	492	398	432	401	344	396
Médias	248	229	218	213	199	214
CV (%)	20,72		18,34		16,65	

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) ND= não determinado

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas na linha (coberturas entre os solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Não foi comparada estatisticamente com os tratamentos de cobertura verde.

APÊNDICE 30. Atividade da enzima urease de Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, área sem cultivo de videira e mata nativa, em duas épocas de coleta na profundidade de 0 a 10 cm. (Média de 3 repetições).

Trat	Urease ($\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ solo } 2\text{h}^{-1}$)			
	Outubro/2004*		Março/2005*	
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP ⁽¹⁾	22 Bb	72 Aa	15 Bb	46 Aa
MF	27 Bb	78 Aa	21 Bb	41 Aa
ACPM	28 Bb	71 Aa	22 Bb	52 Aa
VN	13 Bb	68 Aa	30 Ba	44 Aa
CP	10 Bb	83 Aa	21 Ba	32 Aa
SC	58 Aa	60 Aa	61 Aa	43 Ab
MN**	141	96	85	112
Médias	43	75	36	53
CV (%)	19,71		28,41	

(1) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

*Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna (coberturas dentro do mesmo solo) e minúsculas na linha (coberturas entre solos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** Não foi comparada estatisticamente com os tratamentos de cobertura verde.

APÊNDICE 31. Análise de variância das variáveis carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana (RM), β -glucosidase, fosfatase ácida, amidase e urease em Cambissolo Háplico eutrófico, Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico.

Causa da Variação	Variáveis					
	CBM	RM	β -glucosidase	Fosfatase ácida	Amidase	Urease
Cambissolo Háplico eutrófico						
Coberturas verdes	**	ns	*	*	**	**
Épocas	**	**	**	**	**	*
Coberturas x Épocas	**	**	**	ns	ns	ns
Neossolo Litólico distrófico						
Coberturas verdes	ns	ns	ns	ns	**	ns
Épocas	ns	ns	*	**	**	ns
Coberturas x Épocas	ns	ns	ns	ns	ns	*
Cambissolo Húmico distrófico						
Coberturas verdes	ns	ns	ns	**	ns	ns
Épocas	ns	ns	**	*	**	**
Coberturas x Épocas	ns	ns	ns	**	ns	ns

(1). ns= não significativo.

(2). * significativo a um nível de confiança de 5%

(3). ** significativo a um nível de confiança de 1%

APÊNDICE 32. Produção de matéria seca da parte aérea de espécies de plantas de cobertura em Cambissolo Háplico eutrófico em 2004 e 2005, submetidas a dois manejos das coberturas. (Média de 3 repetições).

Tratamentos	Produção de Matéria Seca ⁽¹⁾			
	(Mg ha ⁻¹)			
	2004		2005	
	Convencional	Alternativo	Convencional	Alternativo
VN⁽²⁾	2,08	2,59	4,15	3,95
A	2,88	2,66	4,74	3,64
MF	2,86	2,43	4,81	3,74
E	2,34	2,20	4,75	3,92
Médias	2,54	2,47	4,61	3,81

(1) Adaptado de Oliveira et al. (no prelo).

(2) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca.

APÊNDICE 33. Produção de matéria seca da parte aérea de espécies de plantas de cobertura em Neossolo Litólico distrófico e Cambissolo Húmico distrófico em 2004 e 2005, (Média de 3 repetições).

Tratamentos	Produção de Matéria Seca ⁽¹⁾			
	(Mg ha ⁻¹)			
	2004		2005	
	Neossolo	Cambissolo	Neossolo	Cambissolo
ASP⁽²⁾	3,29	5,86	2,92	4,62
MF	4,19	7,06	2,43	6,31
ACPM	4,19	8,16	2,04	4,56
VN	ND	5,00	2,07	5,30
Médias	3,89	6,52	2,36	5,20

(1) Adaptado de Oliveira et al. (no prelo).

(2) ASP= aveia sem preparo de solo; MF=mistura de forrageiras; ACPM= Aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa espontânea.

APÊNDICE 34. Resultados relativos (%) dos atributos biológicos de Cambissolo Háplico eutrófico cultivado com videira sob diferentes coberturas verdes, dois manejos das coberturas convencional (C) e alternativo (A), área sem cultivo de videira e mata nativa como referência na profundidade de 0 a 10 cm.

Tratamento	Biomassa		Respiração		β -glucosidase		Fosfatase		Amidase		Urease		qMic		1/qCO ₂	
	Microbiana		Microbiana				Ácida									
	C ⁽²⁾	A ⁽³⁾	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A
VN⁽¹⁾	69	99	85	89	103	95	61	59	63	77	60	80	83	121	89	100
A	70	90	92	90	104	91	68	64	64	76	57	82	82	112	84	95
MF	65	108	86	87	103	98	59	63	62	86	64	83	80	130	74	121
E	48	82	106	84	98	83	61	63	74	76	67	89	60	102	46	83
Médias	63	95	92	88	102	92	62	62	66	79	62	84	76	116	74	100
MN	129		113		113		100		128		148		125		116	
SC	100		100		100		100		100		100		100		100	

(1) VN= vegetação nativa espontânea; A=aveia; MF=mistura de forrageiras; E=ervilhaca; SC= sem cultivo de videira; MN=mata nativa.

(2) C= Manejo Convencional.

(3) A= Manejo Alternativo

APÊNDICE 35. Resultados relativos (%) dos atributos biológicos de Neossolo Litólico distrófico (N) e Cambissolo Húmico distrófico (C) cultivados com videira sob diferentes coberturas verdes, mata nativa e área sem cultivo de videira como referência na profundidade de 0 a 10 cm.

Tratamento	Biomassa		Respiração		β -glucosidase		Fosfatase		Amidase		Urease		qMic		1/qCO ₂	
	Microbiana		Microbiana				Ácida									
	N ⁽²⁾	C ⁽³⁾	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C
ASP⁽¹⁾	40	30	52	99	72	78	22	42	38	63	31	115	36	34	33	25
MF	49	41	56	88	74	71	25	52	32	60	40	116	50	45	22	46
ACPM	66	55	101	101	97	89	25	45	48	66	42	119	66	65	37	53
VN	57	45	64	94	96	79	24	49	53	66	36	109	52	54	50	46
CP	40	41	95	74	76	63	21	50	45	54	26	112	39	47	12	45
Médias	50	43	74	91	83	76	23	47	43	62	35	114	49	49	31	43
MN	191	150	111	103	159	39	96	109	115	142	190	202	179	125	94	86
SC	100		100		100		100		100		100		100		100	

(1) ASP=aveia sem preparo; MF= mistura de forrageiras; ACPM= aveia com preparo mínimo do solo; VN= vegetação nativa; CP= convencional do produtor; SC= sem cultivo de videira; MN= mata nativa.

(2) N = Neossolo Litólico distrófico.

(3) C = Cambissolo Húmico distrófico.

