



UFSM

Tese de Doutorado

**DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM
AGROECOSSISTEMAS SUBMETIDOS A QUEIMA E MANEJOS
DOS RESÍDUOS CULTURAIS**

EVANDRO SPAGNOLLO

PPGCS

Santa Maria, RS, Brasil

Julho de 2004

**DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM AGROECOSSISTEMAS
SUBMETIDOS A QUEIMA E MANEJOS DOS RESÍDUOS CULTURAIS**

por

EVANDRO SPAGNOLLO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo –
Área de Concentração Manejo do Solo, do Centro de Ciências Rurais da
Universidade Federal de Santa Maria (RS), como requisito parcial para a
obtenção do grau de **Doutor em Ciência do Solo**.

Santa Maria, RS, Brasil

Julho de 2004

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

A comissão examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

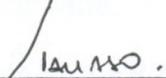
**DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM
AGROECOSSISTEMAS SUBMETIDOS A QUEIMA E MANEJOS
DOS RESÍDUOS CULTURAIS**

elaborada por

EVANDRO SPAGNOLLO

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutor em Ciência do Solo

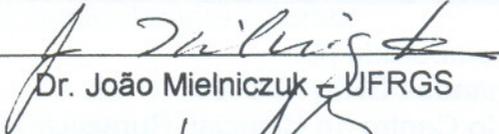
COMISSÃO EXAMINADORA



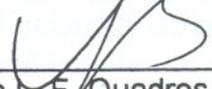
Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado
(Orientador/Presidente)



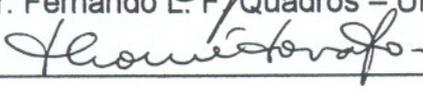
Dr. Aino V. A. Jacques – UFRGS



Dr. João Mielniczuk – UFRGS



Dr. Fernando L. F. Quadros – UFSM



Dr. Thomé Lovato – UFSM

Santa Maria, 26 de julho de 2004

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Telmo Jorge Carneiro Amado, pela amizade e orientação.

À Bernardete, minha esposa e companheira de todos os momentos, por suportar minha ausência.

À Estéfane, nossa filhinha que veio para alegrar ainda mais nosso dia-a-dia.

A UFSM pela oportunidade de cursar a Pós Graduação, em uma instituição pública e de qualidade.

Ao CNPq e Departamento de Solos pelo apoio financeiro, essencial para execução deste trabalho.

Aos professores Thomé Lovato, Flavio Eltz e João Mielniczuk pelo convívio, estímulo e apoio durante o curso.

Aos professores da UFSM que contribuíram direta ou indiretamente para o crescimento técnico-científico.

Aos professores Aino V. Á. Jacques e Fernando L. F. Quadros e os pesquisadores Milton da Veiga e Carla Maria Pandolfo pela cedência dos experimentos para as avaliações do presente estudo.

Ao Tarcísio, secretário da Pós-graduação e o Laboratorista Finamor, pelo auxílio nos problemas diversos.

Aos colegas de turma em especial Antônio Carlos Brum, pelas horas de convívio.

Ao grande amigo e compadre PC, “a amizade é laço inseparável forjado na convivência e interesses comuns”, pelas conversas intermináveis durante o chimarrão da madrugada, e troca de idéias e ensinamentos.

A Fabiane Vezzani, pela amizade e ensinamentos repassados.

Aos colegas de Pós-graduação do setor de conservação, Anderson, Jaqson, Ana, Rodrigo, Benhur, Charles, Antônio, Alan, Ademir e Marin, pelo convívio e amizade em todos os momentos.

Aos bolsistas de iniciação científica, Cláudio, Gentil, Marcelo, Ricardo, Rafael, Eder, Davi`s, Bicaco, Verônica, Clarissa, Cheila, pelo convívio, amizade, e auxílio nas coletas a campo e intermináveis análises de carbono e nitrogênio.

Aos sogros, cunhados, sobrinhos, tios e primos, pelo incentivo em todos os momentos.

Aos meus pais Adinor e Elza pelo apoio e esforço que fizeram para que eu atingisse os objetivos almejados.

A meus irmãos Everson e Áriston, pelos laços, pelo apoio, carinho e amizade em todos os momentos.

A Deus, nosso grande pai pelo “dom da vida”, por ter proporcionado as condições para chegar até aqui.

A todos não citados, que de alguma forma colaboraram nesta jornada, dedico este trabalho.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM AGROECOSSISTEMAS SUBMETIDOS A QUEIMA E MANEJOS DOS RESÍDUOS CULTURAIS

Autor: Evandro Spagnollo
Orientador: Telmo Jorge Carneiro Amado
Santa Maria, 26 de julho de 2004.

Ao longo dos anos a utilização das queimadas tem sido objeto de intensos debates, devido aos seus inúmeros efeitos na qualidade do solo e ambiente. No solo, o efeito mais expressivo ocorre sobre a matéria orgânica (MO), pela sua queima, ou indiretamente atuando sobre os organismos responsáveis pela sua decomposição resultando em uma forma biologicamente inerte de carbono (carvão), permanecendo no solo livre da ação da atividade microbiana. Portanto, este carbono não é utilizado como fonte de energia para a biota, e conseqüentemente não contribui para a melhoria da qualidade do solo. Outro efeito ambientalmente negativo da queima dos resíduos culturais deve-se às emissões de C na forma de CO₂ e outros gases que causam efeito estufa. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar o efeito da queima na qualidade da matéria orgânica do solo em diferentes agroecossistemas. Para atingir os objetivos do presente estudo foram selecionadas duas áreas de campos naturais localizadas no Rio Grande do Sul, sendo uma em André da Rocha sob um Latossolo Vermelho distroférico com um histórico de cem anos com queimadas bienais e outra em Santa Maria sob um Argissolo Vermelho Distrófico arênico. Foi, ainda, utilizada uma terceira área localizada em Campos Novos (SC), sob um Nitossolo Vermelho distrófico onde foi utilizada a queima como prática de manejo para eliminação dos resíduos de culturas anuais. As áreas foram avaliadas quanto a respiração do solo, estoques de carbono e nitrogênio total, fracionamento da matéria orgânica (> e <53µm) e estabilidade de agregados em água. Nos três estudos a queimada afetou os estoques de carbono e nitrogênio do solo, inclusive com redução significativa na matéria orgânica associada à fração <53µm, normalmente não afetada por práticas antrópicas.

ABSTRACT

Doctorate Thesis
Pos-Graduate Program in Soil Science
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

DYNAMIC OF SOIL ORGANIC MATTER IN AGROECOSSISTEMS AFFECTED BY BURNING AND MANAGEMENT OF CROP RESIDUES

Author: Evandro Spagnollo
Adviser: Telmo Jorge Carneiro Amado
Santa Maria, July 26, 2004

The use of fire as pasture management has been object of intense argue, although it has many effects in soil and environment quality. In the ground, the most expressive effect occurs on the organic matter (OM), by combustion, or indirectly acting on the soil fauna. Another consequence of fire is a production of a biologic inactive carbon (BIC), this coal remains in the soil free of the action of the biologic activity. Therefore, this coal is not used as energy, and consequently it didn't improve soil quality. Another environment negative effect of burning crop residues is the emission of C as CO₂ and other gases that causing greenhouse effect. This study was carried out to evaluate the effect of the burning in the organic matter dynamic in agroecossistems. The present study was carried out in two sites with natural pastures located in Rio Grande do Sul State, the first one was in Andre da Rocha under a Rhodic Hapludox with approximately hundred years of burning use and another one in Santa Maria under a Arenic Hapludalf. Another site was located in Campos Novos (SC), under a Rhodic Kandiudox where burning was used to management residues of annual crops. The main evaluations were field soil respiration, carbon and total nitrogen, fractionation of the organic matter (> and < 53µm) and aggregate water stability. In the three studies the use of fire affected the total carbon and nitrogen soil content. Even the organic matter associate to the fraction < 53µm was affected by burning.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1. MATÉRIA ORGÂNICA	03
2.2. USO DO FOGO NO MANEJO DO SOLO	20
3. ESTUDOS	
3.1. ESTUDO I	
3.1.1 – HIPÓTESES	37
3.1.2 – OBJETIVOS	38
3.1.3 – MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1.4 – RESULTADOS	46
3.2. ESTUDO II	
3.2.1 – HIPÓTESES	78
3.2.2 – OBJETIVOS	79
3.2.3 – MATERIAIS E MÉTODOS	80
3.2.4 – RESULTADOS	82
3.3. ESTUDO III	
3.3.1 – HIPÓTESES	107
3.3.2 – OBJETIVOS	108
3.3.3 – MATERIAIS E MÉTODOS	109
3.3.4 – RESULTADOS	116
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	144
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
6. APÊNDICES	156

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Respiração do solo sob mata e dois sistemas de manejo de campo nativo em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004..... 47
- Figura 2** Respiração do solo sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo sem utilização de queimada, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004..... 49
- Figura 3** Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-30 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico em dois sistemas de manejo de campo nativo. André da Rocha, 2004..... 51
- Figura 4** Conteúdo de nitrogênio total (NT) na camada 0-30 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico em dois sistemas de manejo de campo nativo. André da Rocha, 2004..... 52
- Figura 5** Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-5 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico sob dois sistemas de manejo de campo nativo. André da Rocha, 2004..... 53

Figura 6	Conteúdo de nitrogênio total (NT) na camada 0-5 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico sob dois sistemas de manejo do campo nativo. André da Rocha, 2004.....	54
Figura 7	Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-5 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico sob campo nativo (média das áreas de campo nativo sem queima) e mata nativa. André da Rocha, 2004.....	61
Figura 8	Conteúdo de carbono na fração maior que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.....	64
Figura 9	Conteúdo de nitrogênio na fração maior que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.....	65
Figura 10	Conteúdo de carbono na fração menor que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.....	66

Figura 11	Conteúdo de nitrogênio na fração menor que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférrico. André da Rocha, 2004.....	67
Figura 12	Distribuição do tamanho de agregados, sob dois sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférrico. André da Rocha, 2004.....	73
Figura 13	Diâmetro médio geométrico de agregados, sob dois sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférrico. André da Rocha, 2004.....	74
Figura 14	Distribuição do tamanho de agregados, sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférrico. André da Rocha, 2004.....	75
Figura 15	Diâmetro médio geométrico de agregados, sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférrico. André da Rocha, 2004.....	76

Figura 16	Respiração de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	83
Figura 17	Respiração de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo não pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	85
Figura 18	Conteúdo de carbono orgânico total (COT), de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	88
Figura 19	Conteúdo de nitrogênio total (NT), de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	89
Figura 20	Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-5 cm, de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	90
Figura 21	Conteúdo de nitrogênio total (NT) na camada 0-5 cm, de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	91

Figura 22	Conteúdo de carbono na fração maior que 53 μm , de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	95
Figura 23	Conteúdo de nitrogênio na fração maior que 53 μm , de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	96
Figura 24	Conteúdo de carbono na fração menor que 53 μm , de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	97
Figura 25	Conteúdo de nitrogênio na fração menor que 53 μm , de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	98

Figura 26	Distribuição do tamanho de agregados em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	102
Figura 27	Diâmetro médio geométrico de agregados em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	103
Figura 28	Distribuição do tamanho de agregados em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo não pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	104
Figura 29	Diâmetro médio geométrico de agregados em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo não pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	105
Figura 30	Respiração de um solo Nitossolo Vermelho Distrófico cultivado no sistema de cultivo convencional (PC) sob três diferentes formas de manejo dos resíduos culturais. Campos Novos, 2004.....	117

Figura 31	Respiração de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob três diferentes sistemas de cultivo (campo nativo - CN, plantio direto - PD e plantio convencional – PC). Campos Novos, 2004.....	118
Figura 32	Conteúdo de carbono orgânico total (COT) de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.....	120
Figura 33	Conteúdo de nitrogênio total (NT) de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.....	121
Figura 34	Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-5 cm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais e adubação em plantio convencional. Campos Novos, 2004.....	122

Figura 35	Conteúdo de nitrogênio total (NT) na camada 0-5 cm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais e adubação em plantio convencional. Campos Novos, 2004.....	123
Figura 36	Conteúdo de carbono na fração maior que 53 μm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional, sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.....	131
Figura 37	Conteúdo de carbono na fração menor que 53 μm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional, sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.....	131

Figura 38	Conteúdo de nitrogênio na fração maior que 53 µm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional, sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.....	132
Figura 39	Conteúdo de nitrogênio na fração menor que 53 µm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional, sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.....	132
Figura 40	Classes de agregados sob três formas de manejo dos resíduos no sistema de cultivo convencional sem adubação, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.....	137
Figura 41	Classes de agregados sob três formas de manejo dos resíduos no sistema de cultivo convencional com adubação de reposição, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.....	138

Figura 42	Classes de agregados sob três formas de manejo dos resíduos no sistema de cultivo convencional com adubação orgânica, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.....	139
Figura 43	Diâmetro médio geométrico de agregados sob três formas de manejo dos resíduos no sistema de cultivo convencional, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.....	140
Figura 44	Classes de agregados, sob preparo convencional sem adubação (PC), plantio direto sem adubação (PD) e campo nativo (CN), em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.....	142
Figura 45	Diâmetro médio geométrico de agregados, sob preparo convencional (PC), plantio direto (PD) e campo nativo (CN), em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.....	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Quantidade média de matéria seca disponível, número de espécies e percentagem de solo descoberto, em pastagem natural sob distintos manejos. André da Rocha, 2004.....	57
Tabela 2	Teores de carbono orgânico total em áreas sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo de um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.....	58
Tabela 3	Teores de nitrogênio total em áreas sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo de um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.....	59
Tabela 4	Relação C/N em áreas sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo de um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.....	60
Tabela 5	Conteúdo de Carbono nas frações maior e menor que 53 μ m de diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho distroférico. André da Rocha, 2004.....	69

Tabela 6	Conteúdo de Nitrogênio nas frações maior e menor que 53 μ m de diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho distroférico. André da Rocha, 2004.....	70
Figura 7	Conteúdo de carbono orgânico total (COT), de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo não queimado e não pastejado (SQSP) e queimado e não pastejado (CQSP). Santa Maria, 2004.....	93
Tabela 8	Conteúdo de carbono e nitrogênio nas frações maior e menor que 53 μ m de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo não pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.....	100
Tabela 9	Teores de carbono orgânico total em um Nitossolo Vermelho Distrófico sob plantio direto (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo. Campos Novos, 2004.....	126
Tabela 10	Teores de nitrogênio total em um Nitossolo Vermelho Distrófico sob plantio direto (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo. Campos Novos, 2004.....	127

Tabela 11	Relação C/N em um Nitossolo Vermelho Distrófico sob plantio direto (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo. Campos Novos, 2004.....	128
Tabela 12	Conteúdo de Carbono nas frações maior e menor que 53µm nos sistema de cultivo referências sob plantio direto com diferentes formas de adubação (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.	133
Tabela 13	Conteúdo de nitrogênio nas frações maior e menor que 53µm nos sistema de cultivo referências sob plantio direto com diferentes formas de adubação (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.....	134

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 1** Respiração do solo sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo e mata, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004 156
- Apêndice 2** Conteúdo de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), de um Latossolo Vermelho Distroférico em diferentes sistemas de manejo de campo nativo. André da Rocha, 2004..... 157
- Apêndice 3** Conteúdo de carbono e nitrogênio nas frações maior e menor que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004..... 161
- Apêndice 4** Distribuição do tamanho de agregados, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico, sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004..... 164
- Apêndice 5** Respiração do solo em diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico Santa Maria, 2004..... 165

Apêndice 6	Conteúdo de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico Santa Maria, 2004.....	166
Apêndice 7	Conteúdo de carbono e nitrogênio nas frações maior e menor que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico Santa Maria, 2004.....	169
Apêndice 8	Distribuição do tamanho de agregados, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico, sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico Santa Maria, 2004.....	171
Apêndice 9	Respiração do solo em diferentes sistemas de manejo de resíduos e campo nativo, em um solo Nitossolo Vermelho Distrófico, Campos Novos, 2004.....	172
Apêndice 10	Conteúdo de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) de diferentes sistemas de manejo de resíduos e campo nativo, de um solo Nitossolo Vermelho Distrófico, Campos Novos, 2004.....	173

Apêndice 11	Conteúdo de carbono e nitrogênio nas frações maior e menor que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de resíduos e campo nativo, de um solo Nitossolo Vermelho Distrófico, Campos Novos, 2004.....	180
Apêndice 12	Distribuição do tamanho de agregados, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico, sob diferentes sistemas de manejo de resíduos e campo nativo, de um solo Nitossolo Vermelho Distrófico, Campos Novos, 2004	181

DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM AGROECOSSISTEMAS SUBMETIDOS A QUEIMA E MANEJOS DOS RESÍDUOS CULTURAIS

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os problemas ambientais relacionados às emissões de gases de efeito estufa decorrentes das atividades humanas vem despertando grande preocupação, resultando em uma série de eventos ao nível mundial para tratar desse tópico. Dentre os vários setores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa, o agrícola destaca-se pela sua capacidade de em curto período de tempo contribuir positiva ou negativamente com as emissões de gases, pela simples alteração de determinada prática ou sistema de cultivo.

Neste sentido, a utilização da queima como prática agrícola tem gerado diversos debates devido aos efeitos ambientais, principalmente na emissão de gases de efeito estufa e, na redução na qualidade da matéria orgânica (MO) do solo. Contudo, em função das diferentes utilidades desta prática (abertura de novas fronteiras agrícolas, redução de pragas, mineralização de nutrientes, etc) e por ela ser uma das técnicas culturais mais antigas utilizadas pelo homem, mudanças nos hábitos são muito difíceis. O aumento do uso de preparos conservacionistas em áreas agrícolas (ex. plantio direto), que ocorreu nos últimos anos, obteve sucesso

em reduzir a utilização da queima, a qual visava basicamente reduzir ou eliminar os resíduos culturais pós-colheita. Porém, em áreas de pecuária tradicional esta prática ainda é muito utilizada no manejo do campo.

O impacto da queimada sobre a qualidade do solo e ambiente ainda é tema de controvérsia entre agricultores, técnicos e pesquisadores. Visando contribuir nessa discussão, este trabalho foi desenvolvido utilizando três situações distintas. A primeira em área tradicional de pecuária na região dos Campos de Cima da Serra – André da Rocha, RS; a segunda em área de pecuária na região da Depressão Central – Santa Maria, RS; e a terceira em área com culturas anuais na região do Planalto Catarinense – Campos Novos, SC.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica do solo (MOS) consiste de resíduos vegetais e animais, parcialmente decompostos por processos primariamente biológicos onde quase toda a flora e fauna viva estão direta ou indiretamente envolvidas. Os resíduos desta forma são continuamente degradados, até sua estabilização, assumindo diferentes composições químicas (Gregorich et al., 1996). Alguns poucos tipos de bactérias e fungos de crescimento rápido são os microorganismos que inicialmente dominam o processo de mineralização da MOS. Esses organismos são dependentes dos materiais orgânicos como fonte de energia, utilizando determinados materiais que estão abundantes, para construção de sua estrutura corpórea, e tornando-se também uma porção da matéria orgânica (biomassa microbiana). Além dos processos biológicos envolvidos na formação e transformação da MOS, também atuam processos físicos e químicos. A ação desses diversos fatores forma os componentes húmicos, com maior quantidade de C e O comparativamente aos resíduos vegetais e animais que os originaram. Esses materiais possuem aproximadamente 50 a 55% de C, 4,5% de N e 1% de S com variável quantidade de P e metais, e estão intimamente associados com a agregação, nível nutricional do solo e capacidade de troca de cátions.

Os resíduos apresentam variável concentração de proteína, celulose e lignina (Paul & Clark, 1996). O conteúdo de proteína pode variar de 1% nas

plantas com alta relação C/N até 22% nas folhas de gramíneas de rápido crescimento e sementes. A celulose, polissacarídeo mais abundante da natureza e o principal constituinte da maioria das paredes celulares, possui teores variando de 20 a 40% da MS (massa seca) das plantas. Nos grãos de cereais, entretanto, os teores são menores (1-5%), podendo chegar até 10% em aveia. O teor de lignina, o mais resistente dos materiais da planta, varia em função do tecido, órgãos, origem botânica, idade da planta e dos fatores ambientais. Os teores de lignina em leguminosas, geralmente, são mais condensados e se encontram em maior quantidade, para um mesmo estágio de maturidade, do que o encontrado em gramíneas. Substâncias solúveis como açúcares, aminoaçúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos podem representar acima de 10% do peso seco da planta. Eles são prontamente liberados dos resíduos das plantas, e rapidamente utilizados pelos microorganismos do solo, sendo de extrema importância para a atividade microbiana no mantillo e na rizosfera.

Conhecer a taxa de decomposição da MOS é um pré-requisito para entender a disponibilidade e o ciclo dos nutrientes como N, S e P. Componentes lábeis, por exemplo, possuem importante papel na ciclagem de nutrientes e temporária estabilidade estrutural (Tisdall & Oades, 1982; Alvarez & Alvarez, 2000). Entender a taxa de decomposição é essencial na descrição de ecossistemas dinâmicos, para calcular a necessidade nutricional relativa das culturas e para melhorar o entendimento do papel das

plantas e organismos do solo na ciclagem da MOS (matéria orgânica do solo) e nas alterações climáticas globais (Paul & Clark, 1996).

Os componentes solúveis, e até mesmo a celulose, decompõe-se em horas ou dias. Se as quantificações forem retardadas, ocorrerão perdas consideráveis pelo ataque microbiano, devido a melhorias nas condições do ambiente (temperatura, aeração). Incubação no laboratório ou campo, estendida por centenas de dias ou mais são necessários para avaliar os componentes mais persistentes da fração ativa, que podem se manter por anos. Componentes da MOS do solo também ocorrem em compartimentos intermediários com tempo de retorno de 10-100 anos. Estes compartimentos podem, em alguns casos, serem medidos pelo uso de isótopos estáveis de C (^{13}C), onde plantas C_3 discriminam mais este isótopo que plantas C_4 (Alves et al.1999).

As frações mais resistentes da MOS possuem uma decomposição muito lenta fazendo com que ela persista no solo por centenas de anos (Paul & Clark, 1996; Hassink & Whitmore, 1997). Esta resistência está associada à proteção química das estruturas, que impede a ação da atividade biológica (Skjemstad et al., 1999), ou seja, é um componente quimicamente recalcitrante e fisicamente mais protegido que a fração leve da MOS (Cambardella & Elliot, 1993). Como resultado desta maior estabilização, solos de textura fina geralmente possuem maior quantidade de MOS que os de textura grosseira (Hassink & Whitmore, 1997). O compartimento associado à fração argila, em sistemas de manejo sem revolvimento do solo

e alta adição de resíduos, possui maior acúmulo de MOS (Bayer, 1996), e não são facilmente medidos com técnicas traçadoras normais. Para isso recorre-se a datação do C, utilizando a longa meia vida do ^{14}C que ocorre naturalmente (Paul & Clark, 1996).

2.1.1. Matéria orgânica como indicador de qualidade do solo

A qualidade do solo consiste na sua capacidade de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e de animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens (Doran, 1997). Desta forma, manter ou aumentar a qualidade do solo é um fator chave para a sustentabilidade do solo.

Solos com melhor qualidade, não apenas produzirão mais alimentos e fibra para a crescente população mundial, mas também terão grande papel na estabilidade dos ecossistemas naturais, melhorando a qualidade do ar e da água (Gregorich et al., 1994). Mudanças no uso do solo, especialmente cultivo em áreas desflorestadas, rapidamente diminuem a qualidade do solo, em função de alterações em componentes sensíveis à desestabilização do sistema, principalmente relacionados ao revolvimento do solo, e redução das taxas de entrada de resíduos pela retirada da mata.

Um dos principais componentes afetados é a MOS, que é considerada por muitos autores indicador chave da qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994; Doran, 1997; Reeves, 1997; Vezzani, 2001; Conceição, 2002). Isto se

deve em função da sensibilidade que a MOS apresenta a alteração no sistema de cultivo, além de estar intimamente relacionada à dinâmica de nutrientes, principalmente o N, P, Ca e S oriundos da decomposição dos resíduos vegetais (Sanchez & Salinas, 1982; Poss, 1991), inibe elementos tóxicos através da formação de quelatos ou outro tipo de ligação (Robert, 1996), contribui decisivamente para a agregação do solo e assim para infiltração e retenção de água (Tisdall & Oades, 1982; Robert & Chenu, 1991), e ser fator determinante da atividade biológica do solo. Como mencionado, a MOS é reguladora de inúmeras funções químicas, físicas e biológicas do solo, que atuam nos sistemas agrícolas e ambientais. Outro aspecto importante a ser destacado é em solos de clima tropical com argila de baixa atividade, onde a MOS contribui consideravelmente no aumento da CTC (Bayer & Mielniczuk, 1999).

O sucesso de esforços e práticas conservacionistas em manter a qualidade do solo, depende do entendimento de como o solo irá responder a determinado uso ou prática em um certo tempo. Sistemas de cultivo com intensa mobilização do solo, desflorestamento, queima de campos naturais, destacam-se por proporcionarem diminuição na quantidade de MOS e conseqüentemente redução na qualidade do solo.

Por outro lado, em sistemas conservacionistas com alta adição de resíduos, como ocorre no plantio direto com rotação de culturas, verifica-se incremento no conteúdo de MOS pelo seqüestro de C e redução na degradação do solo (Batjes & Sombroek, 1997). Avaliações do conteúdo de

MOS em sistemas de cultivo são necessárias para adoção de estratégias visando incremento na produtividade sem, contudo, degradar o solo e contribuir para o efeito estufa. Como exemplo de incremento na MOS, em estudo realizado na Depressão Central do RS, em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, Amado et al. (2001) encontraram uma taxa de acúmulo de 1,6 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ na média do quarto ao oitavo ano para a consorciação milho (*Zea mays*)+mucuna (*Stizolobium cinereum*) em plantio direto, para a camada 0-10 cm. É interessante registrar neste caso a contribuição do milho, com grande quantidade de adição anual de resíduos (6 Mg de Ms ha⁻¹), e da leguminosa, com grande adição de nitrogênio (140 kg ha⁻¹ ano⁻¹) proveniente da fixação biológica e reciclagem, no aumento da MOS. Os autores destacam ainda, que o aumento da MOS em solos sob plantio direto, ocorre principalmente na fração lábil, por esta representar um compartimento da MOS que apresenta grande sensibilidade a mudanças no sistema de cultivo. As frações da MOS constituem compartimentos com distinta quantidade de C e resistência a decomposição, sendo variáveis principalmente com o conteúdo de argila no solo.

2.1.2. Compartimentos da matéria orgânica

A MOS pode persistir no solo por séculos e até milênios, dependendo do grau de proteção em que se encontra. Ela pode representar menos de 1% em solos desérticos e chegar próximo a 100% em solos orgânicos, variando em solos agrícolas de 1-5% (Schnitzer, 1991). Os mecanismos envolvidos na

proteção desta MOS são associados a processos físicos, químicos e biológicos. Estes processos serão influenciados diretamente pelo sistema de cultivo adotado.

Para facilitar o entendimento de como o processo é dinâmico e sofre ação de fatores climáticos, edáficos e antrópicos, Mielniczuk (1999) em recente revisão classificou o estoque de MOS em quatro compartimentos, que expressam diferentes resistências e funções no solo, como segue:

- A) Biomassa vegetal viva – é dependente do sistema de cultura, fertilidade e acidez do solo, disponibilidade de água, temperatura e radiação solar, sendo muito importante na ciclagem de nutrientes, erosão e rendimento das culturas, porém permanece no solo neste estado por 3 meses;
- B) Resíduos vegetais, raízes e exsudados – é diretamente dependente do compartimento A, tipo de resíduo, grau de trituração e incorporação dos resíduos e condições climáticas. Serve de fonte de alimento para biota do solo, proteção contra erosão e fonte de nutrientes. O tempo de permanência é semelhante ao compartimento A. É um compartimento bastante dinâmico, onde 80% do carbono é liberado como CO₂, restando apenas 20% que farão parte de compostos orgânicos mais estáveis nos compartimentos C e D.
- C) MOS não protegida – é subdividida em biomassa microbiana e fração lábil da MOS (>53 µm). São duas frações dependentes das condições edafoclimáticas do local, e da magnitude do compartimento B no

primeiro caso e A e B no segundo caso. São responsáveis pela agregação temporária e fonte de nutrientes. A biomassa microbiana destaca-se pela decomposição dos resíduos, e considerável emissão de CO₂, que em escala global é estimada em 60 Gt C ano⁻¹ (Schlesinger, 1991). A fração lábil, por sua vez, além das funções já mencionadas é fonte de energia para os microorganismos e atua na CTC do solo. Esta fração é profundamente afetada por perturbações no meio, possui um tempo de permanência de 2 a 5 anos, e representa aproximadamente 1/3 do carbono orgânico do solo.

D) MOS protegida (< 53 µm) – é subdividida em função do tipo de proteção, estrutural ou coloidal. São frações dependentes da magnitude dos compartimentos anteriormente citados, intensidade de revolvimento do solo e textura. A fração estrutural depende ainda do grau de destruição dos agregados e a fração coloidal depende da mineralogia do solo. São frações responsáveis pela agregação permanente e CTC do solo, podendo permanecer no solo por até 1000 anos.

2.1.3. Matéria orgânica nos agroecossistemas

As diferentes atividades agrícolas possuem um importante papel no estoque de MOS, e variam de acordo com o tipo de solo, sistema de cultivo e manejo e condições climáticas específicas de cada região. Estes fatores irão favorecer ou retardar os processos de decomposição dos resíduos e de

decomposição e síntese da MOS (Lovato, 2001). Por exemplo, o grande acúmulo de C encontrado em regiões pantanosas (723 Mg ha^{-1}) ocorre devido à inibição da decomposição pela falta de O_2 , conseqüentemente baixa respiração. As florestas tropicais, boreais e temperadas, e os campos temperados acumulam aproximadamente 200 Mg C ha^{-1} com uma meia vida de 29 a 91 anos. Contrastando com os campos temperados que possuem uma meia vida para o C de 61 anos, os campos tropicais com baixo conteúdo de matéria orgânica tem meia vida de apenas 10 anos (Paul & Clark, 1996).

Quanto às perdas de C, somente nos trópicos estima-se que, pelo uso agrícola, sejam emitidas 45 Pg ano^{-1} . Para ecossistemas tropicais, a taxa anual de emissão é aproximadamente $0,5 \text{ Pg C ano}^{-1}$, dos quais 37,1% são oriundos da queima anual de pastagens nativas, 30,6% pelo desmatamento, 18,2% por pastagens, 12,4% pelo uso da aração e 1,2% pela mudança de cultivo (Lal & Logan, 1995).

Em revisão sobre o assunto, Lal (1996) descreveu alguns fatores relacionados ao processo de entrada e saída de carbono orgânico (CO) do solo, resultantes dos processos de respiração, decomposição, erosão e lixiviação, conforme descrição a seguir:

- a) Desflorestamento** – afeta o conteúdo de CO através da influência na quantidade e qualidade de biomassa vegetal produzida e incorporada ao solo. Logo após a derrubada o efeito no conteúdo

de CO pode ser pequeno ou ainda nulo, entretanto, em um período relativamente curto todo o CO da camada superficial pode ser perdido e ainda poderá ocorrer exposição e perda do CO do subsolo. Limpeza mecanizada pode também levar à compactação do solo, redução na infiltração e incremento no escoamento superficial, e erosão do solo que reduzem o conteúdo de CO. O Intenso cultivo do solo após o desflorestamento diminui gradativamente o CO, podendo atingir perdas de até 25 a 60% nos primeiros 5 cm superficiais e de 15 a 30% na camada 5-15cm.

b) Sistemas de cultivo: a combinação e seqüência de cultivos influenciam no conteúdo de CO através do efeito na – (i) produção total e taxa da produção de biomassa vegetal; (ii) relação parte aérea/raiz, e (iii) relação do carbono e outros nutrientes na biomassa vegetal (relação C/N; C/P; C/S). Sistemas de cultivo que mantenham um favorável nível de CO no solo são caracterizados por manter também níveis elevados em subsuperfície, devido à biomassa radicular e relativamente estreita relação C/N, C/P e C/S. Os sistemas com distúrbio no solo e manejo residual influenciam no seqüestro de C através do efeito no retorno da biomassa vegetal ao solo, taxa de oxidação e mineralização do CO, e perdas devido à erosão e lixiviação. Sistemas de cultivo envolvendo revolvimento do solo, principalmente com aração e gradagem,

usualmente diminui o conteúdo de CO. Portanto, quando solos sob vegetação nativa ou pastagens são convertidos para áreas agrícolas, a taxa do declínio do CO é maior em áreas utilizando aração do que usando plantio direto. Em estudo no Sul da Nigéria foi observado um declínio do CO em 0,03% por mês nos primeiros 12 meses de cultivo após pousio para o tratamento arado, comparado com 0,004% por mês para o plantio direto com cultivo de milho. Os dados para 17 anos de estudo sob plantio direto (PD) x plantio convencional (PC) de um Alfisol no Oeste nigeriano mostraram que solo sob PD contém mais CO nos 10 cm superficiais que sob PC, utilizando discagem dos 20 cm superficiais do solo. O PD e outros sistemas conservacionistas de cultivo causam estratificação do CO com relativamente maior concentração na superfície, porém menor em subsuperfície comparado com métodos baseados na aração. Observou-se ainda que a relação de CO para PD/PC foi de 2,5 para a camada 0-5 cm, 1,5 para 5-10 cm e 1,1 para 10-15 cm.

Na região Sul do Brasil em estudo de longa duração sob um Argissolo Vermelho distrófico de textura franco-argilo-arenosa, Lovato (2001) relata o grande potencial de perda de CO quando do rompimento do campo natural e introdução do cultivo convencional. O autor encontrou perdas anuais equivalentes a $0,81 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de CO na camada 0-17,5 cm, resultando em um decréscimo de

27,28 % nos teores totais de CO em 15 anos de cultivo. Em estudo semelhante, sob um Argissolo Vermelho distrófico arênico, Amado et al. (2001), encontraram perdas consideráveis de CO até o quarto ano avaliando-se diferentes sistemas de cultura sob plantio direto após a condição de campo natural. Segundo os autores, esta perda resulta principalmente do rompimento dos agregados, provocando uma desestabilização da MOS tornando-a suscetível à decomposição microbiana.

c) Gramíneas tropicais - o crescimento profundo das raízes de gramíneas é importante por seqüestrar C no solo. No Llanos da Colômbia, observou-se que pastagem de *Brachiaria humidicola* solteira e em associação com *Arachis pintoii* seqüestrou 4,1 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ e 11,7 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, após um período de 6 anos, comparado com a savana nativa. Neste caso, o *Arachis* incrementou o seqüestro de C em 7,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ comparado com gramínea solteira. Entretanto, a pastagem com gramíneas seqüestrou mais C em subsuperfície. O acúmulo de C pode estar relacionado também à alta relação C/N de espécies para pastejo, que variam de 88 para *Brachiaria decumbens*, 117 para *Brachiaria humidicola*, 126 para *Brachiaria dictyoneura* até 130 para *Andropogon gayanus*.

d) Resíduos agrícolas – o manejo de resíduos é um importante aspecto do preparo para semeadura. Resíduos de cultura na superfície do solo como “mulching” é uma prática benéfica em melhorar as propriedades edafológicas, devido ao efeito na conservação do solo e água, regime térmico, atividade da fauna, e incremento no conteúdo de CO.

e) Manejo nutricional - A retenção do CO no solo como húmus é também determinada pela avaliação do estado nutricional do vegetal, especialmente N, P, e S. Embora o conteúdo de CO aumente pela adição de 10 Mg ha⁻¹ de biomassa vegetal ou resíduo, para o C dos resíduos ser convertido em húmus é necessário que se tenha adequada quantidade de outros nutrientes, sendo 833 Kg de N (C/N de 12/1), 200 Kg de P (C/P de 50/1), e 143 Kg de S (C/S de 70/1) e outros elementos essenciais.

2.1.4. Matéria orgânica e a agregação do solo

A MOS proporciona um grande papel na estruturação e, assim, grande impacto na infiltração da água, desenvolvimento radicular e resistência à erosão, além de ser reservatório de nutrientes (Paul & Clark, 1996). Portanto é um dos principais fatores que controlam a produtividade de solos e a estruturação do solo. Um solo com adequada estrutura para o desenvolvimento de plantas pode ser definido em termos de presença de

poros para armazenamento de água para as plantas, transmissão de água e ar, e crescimento radicular (Oades, 1984).

De acordo com Tisdall & Oades (1982), os agentes orgânicos envolvidos na agregação dos solos podem ser classificados da seguinte forma:

- *transientes* - principalmente polissacarídeos;
- *temporários* - raízes e hifas de fungos; e
- *persistentes* - resistentes compostos aromáticos associados a cátions metálicos polivalentes.

Assim, as raízes e hifas estabilizam os macroagregados, que são controlados pelo manejo do solo, que por sua vez atua nas raízes e oxidação do carbono. Já a estabilidade dos microagregados está relacionada com a persistência e ordenação dos agentes orgânicos do solo (Tisdall & Oades, 1982), resíduos microbianos e vegetais, polissacarídeos, materiais bacterianos e inorgânicos (Tisdall, 1994), não sendo afetados pelo manejo do solo.

Portanto, a estabilidade dos macroagregados é maior sob solos de pastagem do que solos cultivados, ou no plantio direto em relação ao convencional. Por exemplo, um Alfisol sob pastagem, trigo todo ano e rotação pousio-trigo, após 30 anos possuía 2,3, 1,7 e 1,1% de carbono orgânico e 33, 17 e 5% de agregados estáveis em água maiores que 2 mm, respectivamente (Tisdall, 1994). Em solos com intenso revolvimento, a estabilidade estrutural do sistema é rompida (Beare et al., 1994) expondo os

macroagregados à ação dos processos de umedecimento e secagem, impacto da gota da chuva e implementos agrícolas (Tisdall & Oades, 1982). A MOS até então protegida no interior dos agregados, fica sujeita à ação dos microorganismos (Oades & Turchenek, 1978), e perdas por erosão, resultando também na redução da estabilidade dos agregados.

Em um solo degradado, a reestruturação passa pelo incremento do conteúdo de MOS, podendo ser conseguido simplesmente deixando-se a área em pousio natural ou com culturas perenes, usando culturas de cobertura, uso de resíduos orgânicos e correção do solo.

O cultivo de gramíneas, por exemplo, como *Cynodon* e *Brachiaria* em um Alfisol proporcionou um incremento de 2,6 e 2,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, no conteúdo de C nos 10cm superficiais, comparativamente ao local sem cultivo (Lal, 1996). Desta forma, à medida que se adiciona material orgânico ao solo, a atividade microbiana também é intensificada, resultando em produtos que desempenham função primordial na formação e estabilização (agentes cimentantes) dos agregados (Campos et al. 1995), uma vez que o efeito da MOS na agregação do solo é um processo dinâmico. Por isso, em áreas de campo natural com adição contínua de materiais orgânicos e sem perturbação, possuem maior percentagem de agregados em classes de maior diâmetro comparativamente a outros sistemas com culturas anuais. Paladini & Mielniczuk (1991), em um Argissolo Vermelho distrófico de textura franco-argilo-arenosa do Sul do Brasil, encontraram na classe maior que 2,00 mm e na profundidade 0-2,5 cm,

37,61% de agregados no campo natural e apenas 7,41% para o sistema pousio/milho, enquanto na classe de 1,00-0,250 mm ocorreu o oposto, com 55,64 % dos agregados no pousio/milho e 33,48% no campo natural.

2.1.5. Fracionamento da matéria orgânica

A identificação dos diferentes compartimentos da MOS é de grande importância para o entendimento de sua dinâmica em um determinado sistema de cultivo. Neste sentido, pode-se identificar o nível de sustentabilidade de um sistema de cultivo.

Para auxiliar neste entendimento, são utilizadas técnicas para identificar os diferentes compartimentos da matéria orgânica, e quais os mais sensíveis a um determinado sistema de cultivo. No estudo das frações ou compartimentos da MOS, inúmeros métodos tem sido descritos e utilizados (Stevenson & Elliot, 1989).

A flotação em líquidos densos com alta gravitação específica (1,4-2,0 g cm⁻³) é freqüentemente referida à fração leve. A sonicação tem sido usada extensivamente para dispersão do solo (Anderson et al., 1981; Tiessen & Stewart, 1983; Cristensen, 1992). A agitação é outra forma de dispersão que vem sendo utilizada com sucesso (Cambardella & Elliot, 1992; Bayer et al., 2001). Para separar granulometricamente as frações dispersas usam-se o peneiramento para os resíduos de 50 a 2000 μ m (Paul & Clarck, 1996), e decantação para separar a MOS associada aos minerais (Hassink, 1995).

Dentre os métodos citados para dispersão, a agitação destaca-se por ser um tratamento mais ameno em relação aos demais métodos. Em revisão sobre o tema, Bayer (1996) descreveu que o método de dispersão por agitação normalmente está associado a um pré-tratamento químico, onde é utilizado um agente (Na^+ , pirofosfato ou hexametáfosfato de Na^+), que tem a finalidade de auxiliar na dispersão dos agregados do solo, dissolução de óxidos, oxidação de carboidratos ou solubilização e oxidação de uma determinada fração da MOS.

2.2. USO DO FOGO NO MANEJO DO SOLO

2.2.1. USO HISTÓRICO DO FOGO

Antropologistas diferem quanto às estimativas de quando o primeiro homem iniciou o uso do fogo, com descrições variando de 500.000 a 800.000 anos. As diferenças, entretanto, podem ser pouco significantes, pois o homem primitivo não exercia grande influência na vegetação do mundo até a domesticação do fogo que só ocorreu à cerca de 10.000 a 20.000 anos atrás (Kayll, 1974).

Inicialmente, o homem utilizava o fogo para aquecimento, alimentação, melhorar as pastagens para seus animais domésticos, melhorar visibilidade, e auxiliá-lo em viagens nos campos, savanas e florestas, caça e segurança, etc... O fogo foi também um fator indispensável nas alterações agrícolas que ocorreram nos trópicos (Kozlowski & Ahlgren, 1974).

O fogo é uma visual manifestação de processos físico-químicos conhecidos como combustão. Deve haver uma fonte de energia química (biomassa combustível), energia térmica (aquecimento de uma fonte de ignição) e oxigênio para que ocorra a reação de combustão. O processo de ignição e queima possui cinco fases: pré-ignição, início da combustão, combustão lenta, combustão incandescente e extinção (Debano et al., 1998). As três fases da combustão de produtos resultam em impactos superficiais no solo, e a transferência de calor nos horizontes orgânicos ou minerais do solo, produzindo profundos impactos nos processos físicos, químicos e biológicos envolvidos na sustentabilidade do sistema. Desta reação rápida e exotérmica, pode-se produzir temperaturas variando de 300 – 1400°C.

2.2.2. USO DO FOGO EM CAMPOS NATURAIS E SAVANAS

Apesar da pouca importância na literatura mundial, o fogo tem sido usado no manejo de campos e savanas em todas as regiões tropicais e temperadas do mundo, com a premissa de limpeza da área e estímulo ao rebrote da vegetação (Kayll, 1974). Isto ocorre em função da composição e acúmulo dos resíduos na superfície. As gramíneas, por exemplo, são compostas principalmente de celulose, enquanto bosques baixos possuem maior conteúdo de moléculas mais complexas (lignina, óleos essenciais), resultando em maior dificuldade na degradação biológica.

Assim, apesar dos resíduos e da MOS proporcionarem certos benefícios ao solo, como redução do impacto da gota da chuva, estruturação

do solo, capacidade de troca e retenção de nutrientes, quando em excesso sem a devida decomposição, produzem efeitos negativos, como redução da temperatura do solo, impedindo a germinação de sementes e o desenvolvimento de processos biológicos, além de atuar como uma barreira para as gemas auxiliares receberem luminosidade (Kunst, 1996). Contrariando algumas das afirmações anteriores, Jacques (2003) destaca que para as condições dos Campos de Cima da Serra (RS) o material seco constituído de folhas velhas e mortas que cobre o solo, proporciona maior retenção de água e funciona como uma proteção da nova brotação que surge no fim do inverno e início da primavera. Entretanto, além do favorecimento ao rebrote, autores (Norman, 1969; Cook, 1994; Coutinho, 1994) defendem que a queima também disponibiliza rapidamente os nutrientes imobilizados (por longo período) em certos tipos de materiais orgânicos, sendo estes de fácil assimilação para a planta, muito importante em certos ecossistemas.

Outra justificativa utilizada pelos agricultores que empregam queimada em seus campos, é que ela somente remove a camada superficial dos resíduos, não aquecendo em profundidade o suficiente para matar as raízes.

De qualquer maneira, a queimada pode freqüentemente gerar depleção das reservas radiculares (Kozłowski & Ahlgren, 1974), e guiar para morte as gramíneas desejáveis e para invasão de espécies menos palatáveis, porém resistentes ao fogo ou tolerantes ao calor (Heringer, 2000).

2.2.2.1. Técnicas de prescrição de fogo

As técnicas de prescrição do fogo ou manejo da queimada variam grandemente dependendo da proposta de manejo e os muitos fatores previamente considerados para ignição da chama (Kayll, 1974). A necessidade de planejar é enfatizada por todos os autores. Assim, no planejamento deve-se incluir dados de avaliação do combustível (tamanho e distribuição), controle meteorológico (queima a favor ou contra o vento) e dados do efeito do fogo nas características físicas, fisiológicas e ecológicas do solo e vegetação.

Segundo Kozlowski & Ahlgren (1974), a prescrição de fogo considerando os vários tipos de combustíveis (campos naturais, savanas, arbustos, florestas tropicais e temperadas, etc), pode incluir os seguintes termos:

- Para remoção de restos não palatáveis do prévio desenvolvimento;
- Em alguns casos, para estimular o crescimento durante fases onde a pastagem verde é pouca;
- Para controlar a invasão ou o desenvolvimento de plantas indesejáveis e promover o crescimento de plantas para alimentação ou melhoria do solo, como leguminosas;
- Para auxiliar na melhor distribuição de animais em uma área ou manejo unitário, incluindo habitat de pássaros;
- Para remover o acúmulo de combustíveis de ocorrência natural ou como conseqüência do desmatamento ou cultivo;

- Para estimular a produção de sementes ou preparo para semeadura;
- Para estabelecer quebra de fogo em sistemas de proteção contra fogo natural;
- Para promover treinamento de combate ao fogo e estudo do fogo;

2.2.3. RELAÇÃO ENTRE O FOGO E O SOLO

2.2.3.1. Intemperismo

A contribuição do fogo ao intemperismo ocorre pela redução da cobertura superficial do solo, alteração nas características físicas e aceleração do processo de erosão hídrica e eólica (Kunst, 1996).

Com a remoção dos resíduos vegetais pela queima, o solo fica exposto, e ocorre uma drástica alteração no microclima da superfície. Dentre as alterações microclimáticas, destaca-se a oscilação da temperatura, proporcionando ciclos de expansão e contração dos minerais. Em um estudo realizado por Viro (1974) sob campo natural, as temperaturas máximas no primeiro centímetro superficial de parcelas queimadas foram de 8 a 15°C maiores comparativamente às parcelas não queimadas.

No caso do aquecimento das rochas, pode resultar em fissuras, que proporciona a infiltração de água em seu interior, aumentando consideravelmente o potencial de intemperização.

2.2.3.2. Características químicas

Com a queima retornam ao solo com as cinzas, substancial quantidade de Ca e Mg (Juo & Manu, 1996), aumentando temporariamente a CTC da camada superficial. Entretanto, depois de queimado, o solo fica sujeito à ação da chuva, e, conseqüentemente, os minerais ficarão sujeitos ao transporte pela água de escoamento.

A importância do fogo como moderador da acidificação do solo, comparado ao processo de intemperismo mineral, dependerá da freqüência de queima e do ecossistema. Em áreas de floresta a freqüência média de queimada varia de 1-2 para cada 100 anos, e no caso de área de campos a queima pode ser anual. O tempo de exposição do solo a altas temperaturas também é muito importante, onde em geral, fogos de baixa intensidade e curta duração produzem efeitos mínimos no ciclo de nutrientes.

Perdas de nutrientes por transporte de cinzas pelo vento após o fogo também devem ser consideradas, porém estima-se que sejam poucas devido ao baixo transporte de massa do solo e cinzas (Kayll, 1974).

Perda direta de nutrientes para a atmosfera são dependentes da temperatura, e o nitrogênio é o elemento mais propício a este tipo de perda. A volatilização inicia a 200°C, e em temperaturas >500°C, metade do N da MOS pode ser volatilizado. Altas temperaturas são necessárias para vaporizar potássio (>760°C), fósforo (>774°C), enxofre (>800°C), sódio (880°C), magnésio (1107°C) e cálcio (1240°C) (Weast, 1988).

2.2.3.3. Características físicas

O tipo de solo e os processos físicos que atuam sobre sí, afetam diretamente a produtividade e sustentabilidade de um ecossistema. Propriedades como estrutura, porosidade, infiltração, regime térmico e armazenagem de água são fatores-chaves na sustentabilidade agrícola, e podem ser profundamente afetados por distúrbios como o fogo (Powers et al., 1990).

A matéria orgânica é um dos mais importantes fatores que atuam na estruturação do solo nos horizontes superficiais. Argilominerais e conteúdo de cátions na solução possuem papel dominante na estrutura dos horizontes subsuperficiais. A estrutura do solo também tem grande influência nas propriedades hidrológicas do solo, onde solos bem estruturados possuem um espaço poroso que favorece o deslocamento e armazenamento de água e conseqüentemente desenvolvimento radicular, e desenvolvimento dos microorganismos e micro e macro-fauna, além de reduzir as perdas por erosão da camada superficial.

A estrutura do solo pode ser afetada pelo fogo, através de alterações nos argilominerais e combustão da MOS. Os argilominerais usualmente são pouco alterados (Neary et al., 1999). Entretanto, a MOS é profundamente afetada pelo fogo. A degradação na estrutura pode persistir por anos e até décadas, dependendo da intensidade do fogo e condições do ecossistema pós-fogo. Climas frios e secos são mais sensíveis à deterioração da estrutura, persistindo o problema por maior período de tempo (Debano et al.,

1998). Em solos com a estrutura degradada, os macroporos responsáveis pela infiltração de água são limitantes, favorecendo o escoamento superficial. Assim, também ocorre redução no conteúdo de umidade do solo, e perda por erosão dos nutrientes presentes nas cinzas e sedimentos do horizonte A. A remoção física dos nutrientes e ressecamento da superfície reduzem a habilidade de recuperação e recolonização de microorganismos que são envolvidos nos ciclos biogeoquímicos, podendo também, ser criado um “feedback” negativo na ciclagem de nutrientes por inibir a recolonização de plantas. Desta forma, a deterioração das funções hidrológicas pode rapidamente conduzir um ecossistema a perda de sua sustentabilidade.

A importância do fator umidade é notável, até mesmo em locais onde a água não é problema ao crescimento das culturas, mesmo em eventuais verões secos e quentes.

A alta temperatura proporcionada pela queima tende a favorecer a evaporação, tornando o solo seco, com menor capilaridade. A temperatura do solo reflete as variações diurnas e sazonais do clima e é um dos principais fatores de crescimento das plantas principalmente em regiões de clima temperado.

O amplo e significativo efeito do fogo nos ecossistemas florestais, arbustivos e campos é devido à transferência de calor da biomassa queimada para o sistema solo (Debano et al., 1998). A quantidade e duração da transferência de calor é que determinarão a severidade do impacto no sistema físico do solo, seus constituintes químicos e componentes biológicos.

Durante a queimada em florestas, temperaturas máximas que normalmente ocorrem variam de 200 a 300°C (Rundel, 1983), podendo superar os 700°C em áreas roçadas ou arbustivas (Dunn & Debano, 1977). No caso de áreas de campos, a quantidade de combustível na maioria dos casos é inferior a 1 Mg ha⁻¹, e assim, as temperaturas ao nível do solo são inferiores a 225°C, embora tenham sido encontradas temperaturas instantâneas maiores (Raison, 1979).

Em área de floresta, a elevação média da temperatura na superfície chegou a 52,8°C após a queima comparativamente à temperatura do ar que era de 29,9°C (Kunst, 1996). Outro aspecto, que o autor destaca, é com relação à respiração do solo, onde encontrou, para condições de laboratório, valores de CO₂ evoluído duas vezes maiores quando a temperatura passou de 6° para 12,5°C, e quatro vezes mais quando a temperatura foi elevada para 20°C. Cristensen & Muller (1975) atribuem o aumento da temperatura do solo pós-queimada dos resíduos superficiais à remoção do histórico exterior, permitindo direta insolação na superfície e pelo enegrecimento da superfície do solo devido à incompleta combustão da matéria orgânica, produzindo adicional absorção de calor.

Este incremento na temperatura superficial tem implicações no estabelecimento de plântulas, ciclagem de nutrientes, retenção de água, redução ou alterações nas espécies microbianas, macro e mesofauna, perda de elementos para a atmosfera, perdas por erosão, redução ou perda da MOS do solo, e eliminação parcial das raízes das plantas.

2.2.3.3.1. Processos de transferência de calor

O mecanismo de ação do fogo é essencialmente o calor, o qual concentra-se quase que totalmente na camada superficial do solo. Estima-se que somente 5% do calor produzido pelo fogo é transmitido para as camadas subsuperficiais do solo (Kunst, 1996).

A transferência de calor do combustível queimado para as camadas orgânicas e minerais do solo ocorre por processos de radiação, convecção, condução, transporte de massa e vaporização/condensação (Chandler et al., 1983). Radiação é a transferência de calor via movimento de ondas eletromagnéticas. Este é o principal mecanismo de transferência de calor no início da queima da vegetação, quando não tem vento. Radiação e convecção são responsáveis por grande parte da transferência de calor em combustíveis leves (campos, ramos e folhas) para o solo. Convecção é o processo de transferência de calor de um local para outro pela mistura de massas de ar. Esta é a causa do comportamento agressivo e explosivo do fogo.

A transferência de calor por condução ocorre pelo contato físico entre a fonte de calor e o combustível ou corpo mineral. Este é o maior mecanismo de transferência de calor em combustíveis pesados semelhantes a húmus, solos orgânicos e ramos cortados. Transporte de massa ocorre quando um tijão ou outro combustível queimando são atirados adiante de um fogo por uma coluna de ar convectiva ou que rolou declive abaixo por gravidade. Este

processo de transferência de calor afeta a expansão do calor e não possui maior papel no aquecimento do solo.

Vaporização e condensação possuem importante papel no rápido movimento de calor no interior do solo. Esse processo envolve uma fase de alteração da água e componentes orgânicos destilados pelo processo de combustão. A água líquida requer $560 \text{ cal}^{-1}\text{g}^{-1}\text{°C}^{-1}$ para atingir a temperatura do ponto de vaporização. A água move-se rapidamente pelos poros na forma de vapor, liberando a mesma quantidade de calor que ocorre na condensação, assim aumentando a temperatura do solo. Este processo é dependente de características do solo como porosidade, conteúdo mineral, água e materiais orgânicos que afetam a condutividade térmica do solo, modificando os processos e trocas de temperatura (Kunst, 1996).

A transferência de calor pela combustão da vegetação e MOS é função de um complexo número de variáveis. Isso inclui características do combustível (quantidade, tamanho, arranjo, conteúdo de umidade, etc), condições climáticas (temperatura, vento, umidade, etc) e comportamento do fogo (taxa de expansão, tamanho da chama, intensidade, duração, etc). Em geral as camadas superficiais orgânicas e condições de solo seco retardam o aquecimento do solo, enquanto superfícies nuas e um pouco úmidas, podem ser aquecidas rapidamente.

2.2.3.4. Características biológicas

Os componentes biológicos do solo desempenham importante função na estruturação do solo e ciclagem de nutrientes. Quando uma área é queimada, o efeito nas características biológicas inicia-se em temperaturas relativamente baixas, na faixa de 40-70°C com a degradação de proteínas e morte de tecidos. Com temperaturas variando de 48 a 54°C, as raízes podem ser dessecadas e mortas, e entre 70-90°C ocorre morte de sementes. Dependendo dos microorganismos, a mortalidade geralmente ocorre entre temperaturas variando de 50-121°C, sendo os fungos menos resistentes aos efeitos térmicos que as bactérias (Neary et al., 1999).

Outro importante aspecto a ser considerado é o teor de umidade do solo, onde quanto maior a umidade menor é a temperatura necessária para causar danos aos tecidos vegetais e boa parte dos microorganismos do solo. Bactérias nitrificadoras, entretanto, mostraram-se mais sensíveis a condições de solo seco comparado a solo úmido (Klopatek et al., 1990). Cabe a destacar também a macrofauna do solo (aranhas, abelhas, cobras, pássaros, vespas, etc) que também é severamente afetada pela queima.

2.2.3.5. Matéria orgânica

A MOS do solo é um dos principais reguladores da sustentabilidade de um ecossistema, atuando em inúmeras propriedades do solo, como ciclagem e estoque de nutrientes, capacidade de troca de cátions, agregação, etc.

Em áreas em que é utilizado o fogo como prática de limpeza, a matéria orgânica pode ser diretamente afetada pela sua queima, ou ainda indiretamente pela atuação sobre os microorganismos relacionados à sua decomposição.

Uma maneira de avaliar a severidade das queimadas, tanto prescritas como acidentais, é quanto ao grau de consumo de MOS do solo. Os fogos podem ser de baixa intensidade, e consumir parcialmente a MOS ou muito intensos volatilizando toda ela (Kunst, 1996). No primeiro caso, o efeito sobre o ecossistema pode ser positivo, e no segundo, muito negativo.

Normalmente, ocorre formação de alguns pontos quentes em fogos sob campos e parques, aumentando muito em bosques, devido à grande presença de troncos, ramos e árvores secas. Desta forma, o tipo de vegetação terá também significativa contribuição na intensidade e temperatura do fogo e, conseqüentemente, grau de consumo de MOS.

A temperatura alcançada é o principal fator que regula as modificações que a MOS sofrerá. Em alguns eventos, a temperatura encontra-se relativamente baixa (50-60°C), com efeito mais pronunciado em alguns componentes biológicos do solo, enquanto outros alcançam 10 a 20 vezes a temperatura ambiente, estes com grande efeito na MOS. Em estudo avaliando-se a temperatura do fogo e seu efeito na MOS, Debano (1991), definiu níveis. Segundo o autor, a MOS pode ser destilada entre 200-300°C, carbonizada entre 300-400°C e consumida quase que completamente acima dos 450°C.

Entre 180-300°C, aproximadamente 85% da camada de resíduos é consumida por uma destilação destrutiva e combustão. Os componentes orgânicos voláteis são destilados a temperaturas acima de 180-200°C.

Outro aspecto é quanto à velocidade do processo de degradação. Quando causado pelo fogo ocorre em segundos, versus dias ou anos na degradação biológica da MOS. Os produtos finais de ambos são, contudo, bastante similares (Wright & Bailey, 1982; Hungerford et al., 1991).

Outro elemento que apresenta potencial de perda pelo fogo é o N em função da massa consumida e intensidade do fogo, que em floresta pode variar de 33 a 100% do total de N (Raison, 1979) e inicia quando as temperaturas ultrapassam 200-400°C (Neary et al., 1999).

A análise do C alocado na superfície e subsuperfície promove uma idéia do risco que o fogo representa ao ecossistema. Em ecossistemas com grande proporção de MOS em subsuperfície, a suscetibilidade a perdas é menor (Anderson, 1991). Florestas tropicais úmidas são mais sensíveis ao fogo, onde aproximadamente 45% do C pode ser perdido. Campos naturais e savanas são ecossistemas mais adaptados ao fogo, permanecendo armazenado no sistema cerca de 83-85% do C. Isto, entretanto, está sujeito à severidade e à intensidade do fogo.

Dependendo da intensidade, da umidade da superfície orgânica e do solo, e da espessura da camada orgânica, o consumo do material orgânico pode variar de moderado (produzindo cinza preta) a queima completa (produzindo cinza branca). Campbell et al. (1977) descreveram o efeito de

fogo moderado e intenso em *Pinus* no Arizona (USA), encontrando na área com queima moderada 38% da cobertura na superfície do solo, enquanto na área com queima intensa a manutenção da cobertura variou de inexistente a - 23%.

Embora que, geralmente não seja intenso, o fogo prescrito também pode diminuir significativamente a MOS superficial de 21 a 80% (Pase & Lindenmuth, 1971; Covigton & Sackett, 1992).

2.2.3.5.1. Qualidade da matéria orgânica

A manutenção de níveis satisfatórios de MOS no solo é uma importante estratégia para a sustentabilidade do sistema. Entretanto, quando é utilizada a queima como prática de manejo, elimina-se parte dos resíduos superficiais, permanecendo apenas cinzas e carvão como subprodutos da combustão.

A implicação deste material ao sistema de cultivo, deve-se à sua grande resistência à decomposição, permanecendo no solo como uma substância inerte não contribuindo à atividade biológica ou formação de MOS (Albrecht et al., 1995).

Outro aspecto negativo do C-carvão é quanto à sua identificação em análises de rotina, pois as metodologias tradicionalmente empregadas na análise de carbono do solo vêm demonstrando com boa precisão os níveis que o solo apresenta, contudo, não diferenciam as formas de C (C-carvão ou C orgânico) (Skjemstad & Taylor, 1999).

Diversos estudos utilizando a combinação de técnicas de fracionamento físico, foto-oxidação e ressonância magnética nuclear têm conseguido identificar e quantificar as diferentes formas de C (Skjemstad et al., 1996; Smernik et al., 2000; Carter et al., 2002; Skjemstad et al., 2002). Na Austrália, por exemplo, o C-carvão pode representar acima de 30% do conteúdo de CO do solo (Skjemstad et al., 1996), e nos EUA chegou a 35% na média de cinco diferentes solos (Skjemstad et al., 2002).

Desta forma, a intensificação nos estudos visando a qualidade da MOS associada a práticas de queima torna-se uma importante estratégia na definição de futuras políticas agrícolas e ambientais, objetivando a qualidade do sistema.

3 – ESTUDOS

- **ESTUDO 1 - Dinâmica da MO em solo de campo nativo submetido à queimada bienal por cem anos.**
- **ESTUDO 2 - Dinâmica da MO em campo nativo submetido a queima e ao pastejo.**
- **ESTUDO 3 - Dinâmica da MO em diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais.**

3.1 - ESTUDO 1

DINÂMICA DA MO EM SOLO DE CAMPO NATIVO SUBMETIDO À

QUEIMADA BIENAL POR CEM ANOS

3.1.1. HIPÓTESES

- A queimada como prática de manejo em agroecossistemas pastoris altera a dinâmica da matéria orgânica do solo.
- A queimada utilizada por longo prazo reduz os estoques totais de carbono e nitrogênio do solo.
- A queimada altera o armazenamento de carbono nas frações particulada e estável.
- As queimadas por alterarem a dinâmica da MOS ocasionam decréscimo da qualidade do solo.

3.1.2. OBJETIVOS

a) Objetivo geral

- Avaliar o efeito de sistemas de manejo do (dos resíduos culturais em) campo nativo na dinâmica da matéria orgânica do solo.

b) Objetivos específicos

- Quantificar os estoques de carbono e nitrogênio total em condição de campo nativo submetido à queimada;
- Estimar a partição do teor de carbono e nitrogênio na fração lábil e estável, obtida pelo fracionamento físico da matéria orgânica em solo submetido à queimada;
- Avaliar a qualidade do solo sob campo natural submetido a diferentes formas de manejo alternativos à queimada;

3.1.3. MATERIAIS E MÉTODOS

A) Localização

O estudo foi realizado em duas propriedades particulares, localizadas no município de André da Rocha – RS, região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra, e monitoradas pelo Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, em duas propriedades.

A localização geográfica da área experimental é de 28°38` de latitude Sul e 51°34` de longitude oeste, e altitude aproximada de 800 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, temperado úmido, com verões amenos, probabilidade de geada superior a 40% entre os meses de junho e agosto, temperatura média anual de 17,6°C, com chuvas todos os meses e precipitação anual em torno de 1650 mm (Heringer, 2000).

O solo é um Latossolo Vermelho Distroférrico típico (EMBRAPA, 1999), de textura argilosa, pertencente à unidade de mapeamento Durox, com fertilidade natural baixa e alto teor de matéria orgânica (Brasil, 1973).

A vegetação natural é caracterizada pela dominância superior a 74% com espécies de gramíneas de ciclo estival (Heringer, 2000).

B) Tratamentos avaliados

Foram avaliados seis tratamentos (potreiros), representando diferentes condições de campo natural, além de uma área referência com mata nativa. Cinco tratamentos manejados com fogo até 1965, e a área referência estão

localizados no Sítio Pinheirinho, pertencente ao professor Aino Victor Ávila Jacques do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS. O sexto tratamento consiste na queima bienal do campo nativo, e está localizado na Fazenda da Olaria, pertencente ao Bacharel Otacílio Nunes de Quadros. Todos os tratamentos e área referência estão localizados dentro dos mesmos limites, com declividade média entre 8 e 10% e pertenciam anteriormente a 1965 a Fazenda do Prata, sendo até então manejadas de forma semelhante, e serão descritas a seguir:

- a) **SQSR** – campo nativo sem queimada e sem roçada há 36 anos e pastejado. Nesta área não foram realizadas adubações ou calagens.
- b) **SQR** – campo nativo sem queima há 36 anos, roçado anualmente e pastejado. Nesta área não foram realizadas adubações ou calagens.
- c) **CNM 11** – campo nativo sem queima há 36 anos e melhorado há 11 anos, roçado anualmente e pastejado. Esta área foi melhorada em 1990 onde recebeu inicialmente preparo superficial com grade niveladora, a uma profundidade média de 4 a 5 cm, aplicação superficial de calcário e adubo, e a introdução de trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*), que foi substituído por trevo branco e trevo vermelho a partir de 1991. Anualmente, a área tem recebido 200 kg ha^{-1} de adubo 5-30-15, o qual foi reduzido para 100 kg ha^{-1} a partir de 1995. Foram aplicados 8 Mg ha^{-1} de calcário.
- d) **CNM 28** – campo nativo sem queima há 36 anos e melhorado há 28 anos, roçado anualmente e pastejado. O melhoramento desta área iniciou

em 1973, com preparo convencional, calagem, adubação e semeadura de aveia-amarela (*Avena byzantina* K.) para produção de sementes. Em 1974 a área foi gradeada adubada e semeada festuca (*Festuca elatior* S.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.). De 1978 a 1984 a área permaneceu sem adubação e sem roçada, sendo somente pastejada. Em 1984, foi roçada, gradeada, sendo aplicadas 3 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico, e semeado trevo branco e trevo vermelho (*T. pratense* L.). A partir de 1984, em períodos variando de 4 a 5 anos foram aplicados 2 a 3 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico em superfície, e adubações anuais de manutenção com 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ das fórmulas 10-30-10 ou 5-30-15. Após um período de 9 a 10 anos, foi ressemeado superficialmente o trevo visando repovoar a área. Nos últimos anos a adubação de manutenção foi reduzida para 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ da fórmula 5-30-15. Desde o início do melhoramento foram aplicados um total de 15 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico.

- e) **CNM 36** - campo nativo sem queima há 36 anos e melhorado há 36 anos, roçado anualmente e pastejado. O melhoramento iniciou em 1965, com plantio de trevo branco, trevo vermelho e cornichão. Foram realizadas aplicações periódicas de calcário e anualmente são aplicados de 50 a 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ do adubo fórmula 5-30-15.
- f) **Queima** – campo nativo queimado numa freqüência bienal há mais de 100 anos e pastejado (testemunha).
- g) **Mata** – mata nativa (referência).

C) Amostragem do solo

A amostragem do solo foi realizada na primeira quinzena de setembro de 2001 através da abertura de uma trincheira com dimensões aproximadas de 30 cm de largura por 40 cm de comprimento e 40 cm de profundidade com pá de corte, onde com auxílio de uma espátula metálica coletou-se manualmente o solo nas profundidades 0-2,5; 2,5-5; 5-7,5; 7,5-10; 10-15; 15-20; 20-30 cm, em quatro repetições, distantes aproximadamente 20 m uma da outra, por tratamento.

No laboratório, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas a 2 mm para retirada do material grosseiro.

D) Respiração do solo a campo

Consistiu em captar o CO_2 evoluído da respiração do solo em frascos a campo, colocados em câmaras de captação, com 20 mL de $\text{NaOH } 1 \text{ mol L}^{-1}$, e posterior titulação com $\text{HCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ em excesso de BaCl_2 . As câmaras de captação consistem de tubos de PVC de 50 cm de altura e 15 cm de diâmetro introduzidos no solo cerca de 2 cm, fechados na parte superior com filme de polietileno e mantido desta forma durante 24 horas. Para descontar a absorção de CO_2 atmosférico do ar, contido no interior dos tubos, foram utilizadas provas em branco, que consistiram de câmaras, contendo solução de NaOH em seu interior, vedadas na parte inferior com tampa de PVC e na parte superior com filme polietileno.

Os locais de instalação das câmaras foram previamente limpos com retirada da vegetação e ou resíduos culturais com auxílio de um estilete, sendo instalado 3 tubos (repetições, distantes aproximadamente 20 m entre si) por tratamento, exceto no tratamento CNM 36 (devido a problemas com as câmaras), 3 tubos na mata nativa e 3 provas em branco. Durante a avaliação a temperatura ambiente foi de 15,6°C.

E) Fracionamento da matéria orgânica

O fracionamento da matéria orgânica para separação da fração particulada daquela associada aos minerais foi efetuado mediante separação física, em amostras de todos os tratamentos avaliados nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5; 5-7,5 e 7,5-10cm. Em frascos snap-cap foram pesados 20 g de solo e adicionado 60 mL de hexametáfosfato de sódio (5g L^{-1}). A suspensão foi agitada durante 15 horas em agitador horizontal. Posteriormente, com auxílio de um jato de água o material foi passado em peneira de 0,053 mm (Cambardella & Elliotti, 1992). O material que ficou retido na peneira foi transferido para recipientes plásticos com capacidade de 120 mL.

A fração associada aos minerais que passou pela peneira foi armazenada em balde plástico e posteriormente quantificada e homogeneizada com retirada de uma alíquota de 100 mL, que foi transferida para recipientes plásticos com capacidade de 120 mL. As frações obtidas (maior e menor que $53\ \mu\text{m}$) foram secas em estufa a $60\pm 5^\circ\text{C}$ e moídas em gral de porcelana para posterior análise do teor de carbono e nitrogênio.

F) Análise de Carbono e Nitrogênio

Para análise das amostras não fracionadas e fracionadas, foi utilizada a metodologia de combustão úmida descrita em Nelson & Sommers (1982) para determinação do carbono orgânico total (COT) e semimicro Kjeldhal descrito em Tedesco et al. (1995) para determinação do nitrogênio total (NT). As quantidades de COT e NT do solo foram calculadas considerando-se os valores de densidade aparente a campo.

G) Estabilidade de agregados

As amostras foram coletadas em todos os tratamentos avaliados nas profundidades 0-5 e 5-10 cm, e destorroadas manualmente, reduzindo a agregados menores. As amostras foram passadas por uma peneira de malha 8,00 mm ficando retidas na de 4,76 mm. Após o procedimento homogeneizou-se bem a amostra, pesando-se amostras em triplicata contendo 50 gramas de agregados. Uma das amostras foi levada a estufa a 105°C, deixando-se nesta temperatura por uma noite para determinar o peso seco. As outras duas amostras separadamente foram colocadas sobre um disco de papel filtro em conjunto de peneiras na ordem 4,76; 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25mm de abertura de malha. Após este procedimento, ajustou-se o nível da água no recipiente, de modo que os agregados contidos na peneira superior fossem umedecidos por capilaridade. Deixou-se neste estado por 10 minutos, retirou-se o papel filtro, agitou-se as amostras no aparelho de

oscilação vertical por 10 minutos, e transferiu-se posteriormente cada fração para recipientes para secar em estufa a 105°C para posterior quantificação dos agregados retidos em cada malha.

H) Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise da variância e as diferenças entre médias obtidas pelo teste de Duncan a 5%.

3.1.4 - RESULTADOS

a) Respiração do solo

Na área de André da Rocha, região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra a respiração do solo não diferiu estatisticamente em qualquer das combinações realizadas (Figura 1). Esta falta de significância esta relacionada principalmente ao alto coeficiente de variação, que nas comparações onde entrou a queima bienal, chegou a 23,6 %.

Apesar de não diferir estatisticamente, observa-se, que após 36 anos sem queima o tratamento SQSR apresentou uma emissão (Figura 1) cerca de $45 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ a mais que à área queimada a cada dois anos ($97,6 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), que representam um incremento médio de 46,1 % na emissão de CO_2 pela respiração do SQSR, comparativamente ao tratamento com queima bienal. Esta maior emissão de CO_2 , resulta em parte da atividade radicular, e principalmente da atividade microbiana do solo (Conceição, 2002), que é sempre maior em áreas de maior diversidade de espécies (Heringer, 2000) e reduzida perturbação.

Ao contrário do observado no tratamento SQSR, na área queimada, os resultados de respiração estão refletindo os efeitos do manejo adotado. A elevação da temperatura e a combustão da camada orgânica superficial pelo fogo estão atuando diretamente na biota do solo, além também de reduzir a qualidade e quantidade de espécies vegetais (Heringer, 2000).

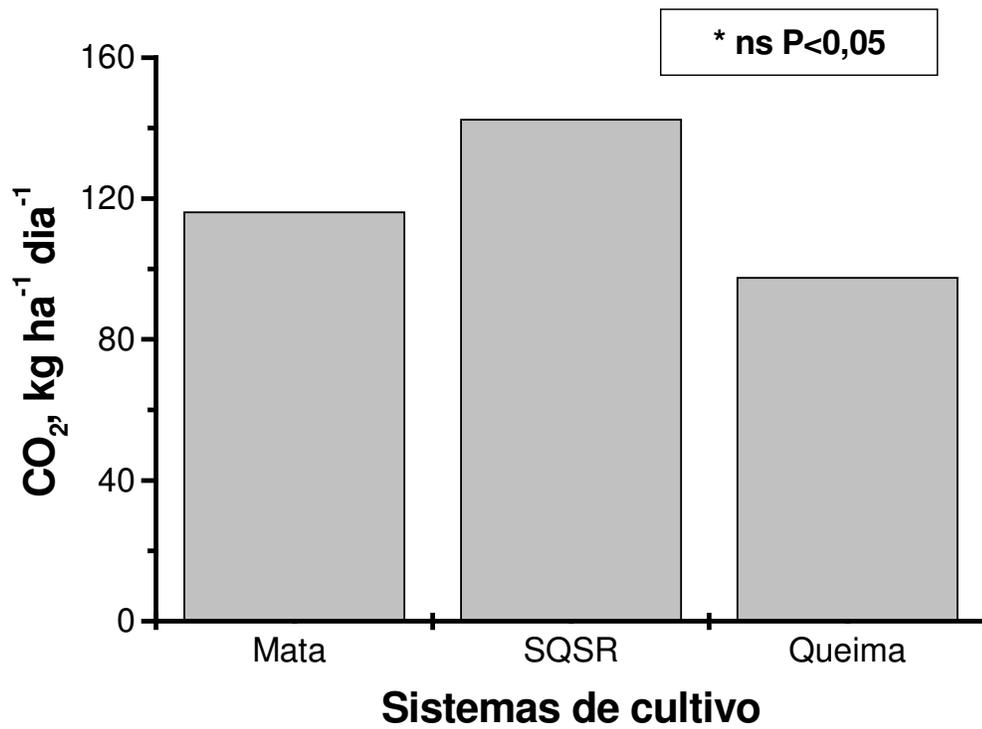


Figura 1. Respiração do solo sob mata e dois sistemas de manejo de campo nativo em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

Entre os diferentes sistemas de manejo do campo nativo que não utilizam mais a queima (Figura 2), destaca-se o tratamento melhorado há 28 anos, com uma taxa de respiração 21,2 % superior ao tratamento SQSR. Neste caso, a vegetação existente, com maior número de espécies leguminosas (cultivadas e nativas) que os demais tratamentos e o tempo de cultivo com estas espécies, comparativamente aos demais tratamentos é que está proporcionando tais condições, contribuindo grandemente no aumento da diversidade e quantidade de microorganismos no solo.

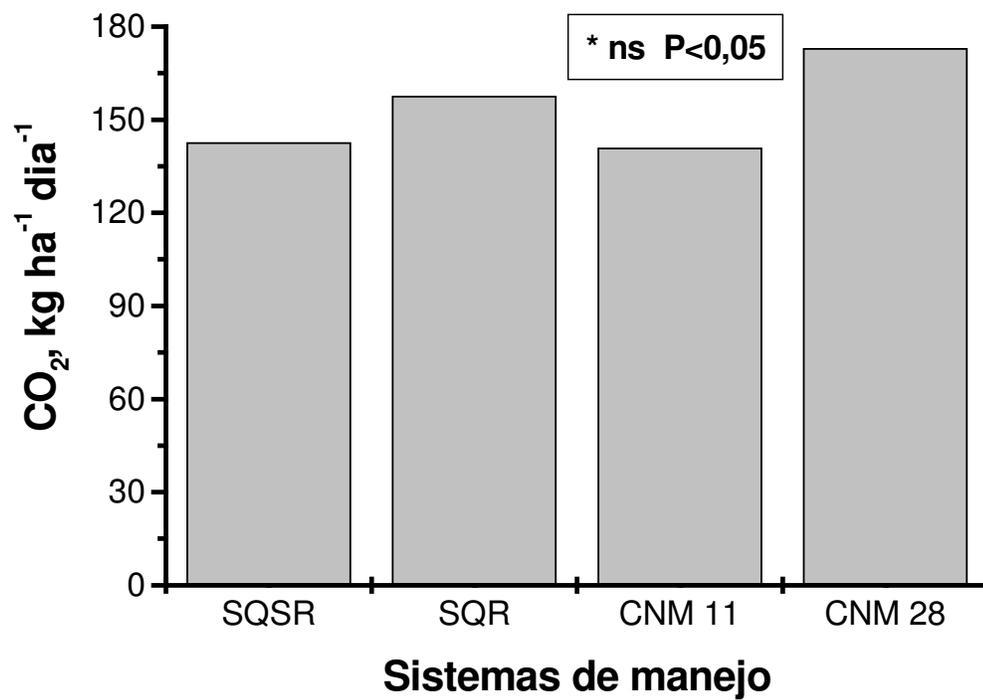


Figura 2. Respiração do solo sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo sem utilização de queimada, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

b) Carbono orgânico total e nitrogênio total

Nas figuras 3, 4, 5 e 6 são apresentados os valores para carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) dos tratamentos SQSR e Queima. Observa-se que as maiores diferenças ficaram restritas às camadas superficiais, principalmente até os 5 cm, onde o tratamento sem queima apresentou diferença significativa para COT e NT, com conteúdos 36 % e 19 % superiores aos encontrados no tratamento com queima bienal, respectivamente. As diferenças estão indicando que o tratamento SQSR, após 36 anos sem queima, obteve um incremento médio anual de uma unidade percentual para os teores de COT e 0,5 unidade percentual para os teores de NT, demonstrando a importância que possuem práticas de manejo que não utilizam queimada dos resíduos remanescentes. Os conteúdos de COT e NT variaram diretamente com a diversidade das espécies e ao manejo adotado. Neste contexto, no tratamento SQSR na composição botânica relativa da matéria seca da forragem verde são encontradas cerca de 1,28 % de leguminosas nativas, 4,17 % de gramíneas nativas hibernais, 0,42% de ciperáceas e 94,13 % de gramíneas nativas estivais comparativamente ao tratamento com queima bienal com 0,75 % de leguminosas nativas, 24,56 % de gramíneas nativas hibernais, 0,03% de ciperáceas e 74,66 % de gramíneas nativas estivais (Heringer, 2000). Segundo a autora, estas espécies são fundamentais na definição do potencial de produção de forragem, e também com consequências diretas no conteúdo de C e N do solo (Tabela 1).

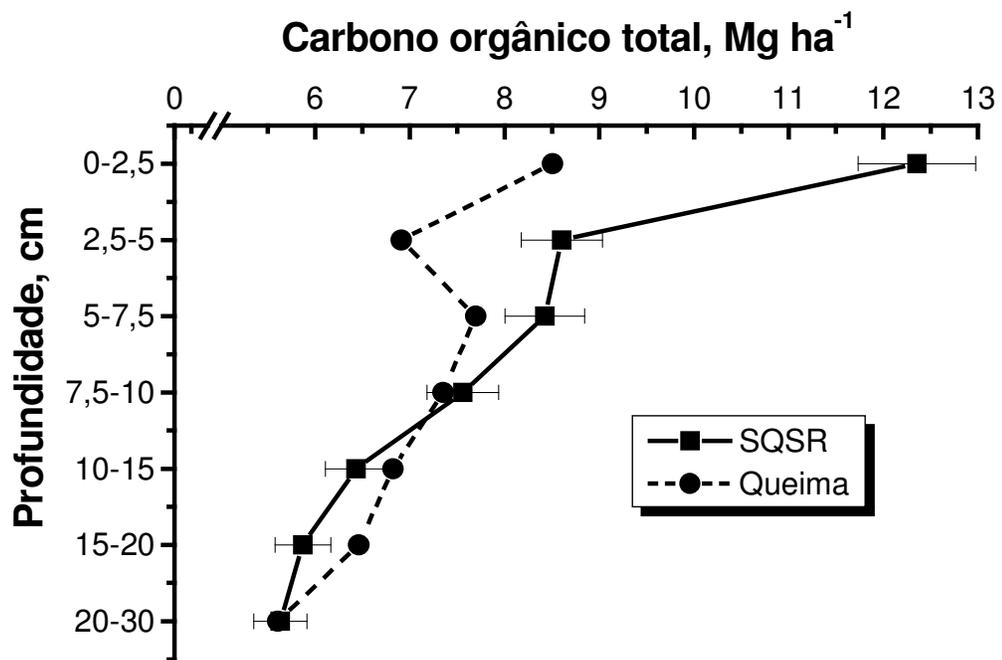


Figura 3. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-30 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférrico em dois sistemas de manejo de campo nativo. André da Rocha, 2004.

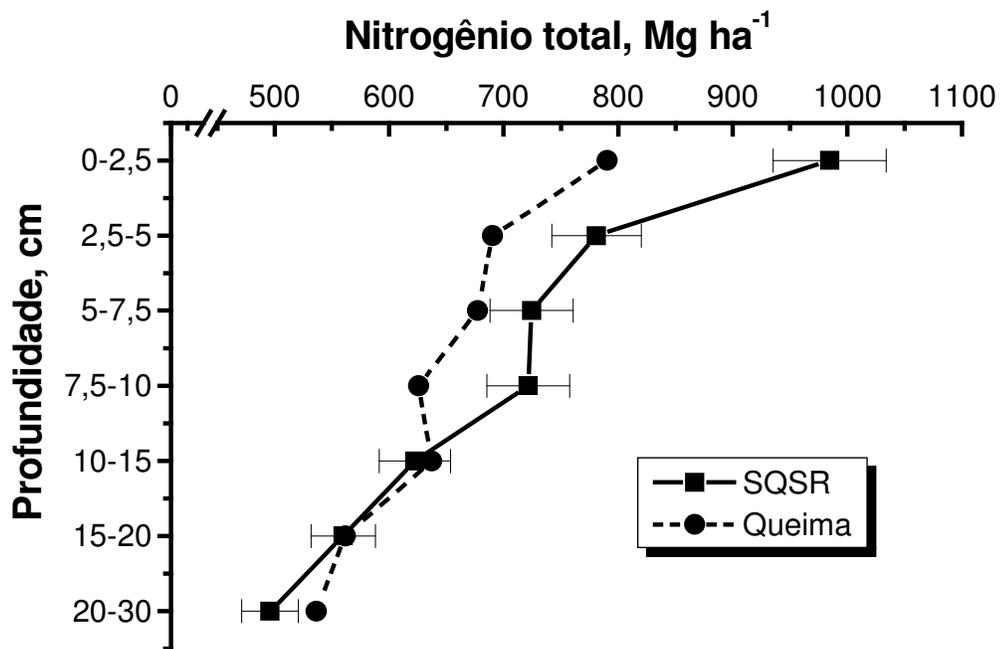


Figura 4. Conteúdo de nitrogênio total (NT) na camada 0-30 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico em dois sistemas de manejo de campo nativo. André da Rocha, 2004.

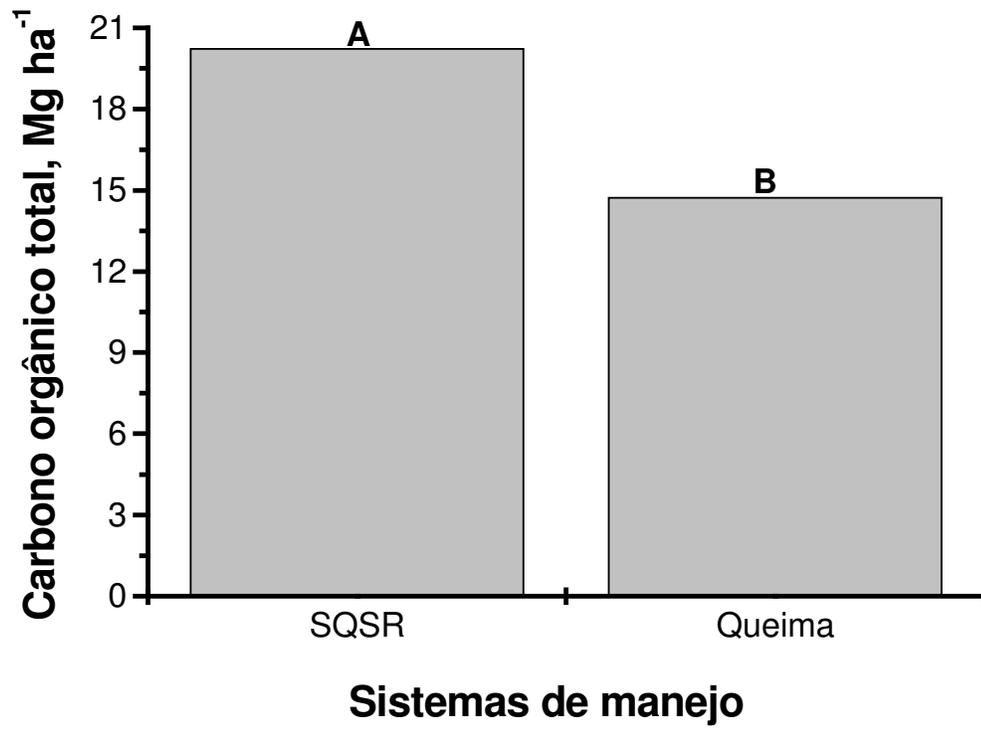


Figura 5. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-5 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico sob dois sistemas de manejo de campo nativo. André da Rocha, 2004.

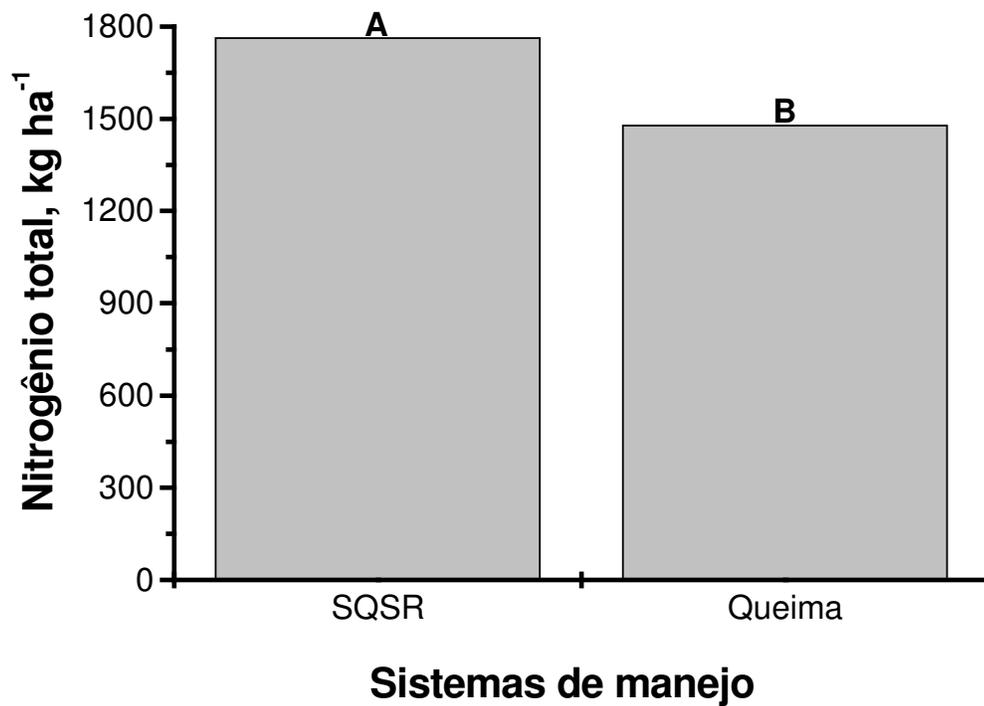


Figura 6. Conteúdo de nitrogênio total (NT) na camada 0-5 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico sob dois sistemas de manejo do campo nativo. André da Rocha, 2004.

Com relação à produção de matéria seca (Tabela 1), outro fator importante para o COT e NT, na safra 97/98, o tratamento SQSR apresentou um total acumulado no ano de 9555 kg ha⁻¹, valor este 2,6 vezes superior ao encontrado no tratamento com queima bienal (Heringer, 2000) que, por sua vez, possuem uma grande correlação com os conteúdos de COT e NT, de ambos os tratamentos.

Os resultados para COT e NT dos tratamentos sem queimada estão demonstrados nas tabelas 2, 3 e 4, onde observaram-se variações significativas entre os tratamentos, tanto para COT como para NT. Com relação ao COT, os tratamentos CNM 11 e SQR, apresentaram maiores teores que os demais tratamentos, na camada superficial do solo. Já com relação ao NT, o tratamento CNM 11 apresentou os maiores teores, seguido de perto pelo CNM 28. Estes resultados, tanto para COT e como para NT, são reflexos, como já mencionado anteriormente, da diversidade de espécies vegetais, massa seca produzida pela vegetação e também do manejo realizado.

No caso do CNM 11, são realizadas roçadas anuais, uso de espécies leguminosas e adubação superficial, que conjuntamente, proporcionaram a este tratamento os maiores teores de COT e NT em relação aos demais tratamentos. Somente no quesito leguminosas, além das espécies nativas, este tratamento apresenta cerca de 4,5 % da composição botânica com leguminosas cultivadas (Heringer, 2000), que é um importante aspecto

também para a melhora da qualidade da forragem consumida pelos animais, além da associação simbiótica destas espécies com bactérias fixadoras de N atmosférico. Os reflexos da associação simbiótica podem ser visualizados na tabela 3, onde os tratamentos que possuem maior percentagem de espécies leguminosas em sua composição botânica, CNM 11, CNM 28 e CNM 36 apresentaram em média na camada 0-5 cm cerca de 21 % a mais de NT comparativamente à média dos tratamentos SQSR e SQR.

Quanto à relação C/N, não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados, a qual ficou na média geral em 10,4 (Tabela 4).

Apesar das áreas de campo sem queima serem considerados sistemas parcialmente estáveis, comparáveis à mata nativa, pela reduzida ação antrópica (roçada, pastejo, adubação, etc), sem contudo quebrar a estabilidade do sistema, na média dos sistemas e na profundidade 0-5 cm, o teor de COT foi cerca de 8,33 % inferior ao encontrados na mata 24,02 Mg ha⁻¹ (Figura 7).

Entretanto, visualizando-se isoladamente os sistemas de manejo sem queima, no tratamento com 11 anos de práticas de melhoramento com adubação, calagem e leguminosas o conteúdo de COT foi 1,5 Mg ha⁻¹ superior ao encontrado na mata.

Tabela 1. Quantidade média de matéria seca disponível, número de espécies e percentagem de solo descoberto, em pastagem natural sob distintos manejos. André da Rocha, 2004.

Tratamentos	Massa seca disponível (kg ha⁻¹)	Número de espécies	Solo descoberto (%)
SQSR	8733	57	0
Roçado	2404	52	0
Melhorado 24 anos	3668	55	0
Melhorado 7 anos	2351	54	0
Queima bienal	2067	38	9,8

Fonte. Heringer, 2000.

Tabela 2. Teores de carbono orgânico total em áreas sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo de um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

Prof.	SQSR	SQR	CNM		
			11	28	36
--cm--	-----Mg ha ⁻¹ -----				
0-2,5	12,36 B*	14,69 A	16,17 A	12,40 B	11,93 B
2,5-5	8,60 A	8,19 A	9,33 A	8,06 A	8,40 A
5-7,5	8,43 A	7,22 A	8,95 A	7,75 A	8,08 A
7,5-10	7,56 A	7,10 A	8,08 A	7,36 A	7,51 A
10-15	12,86 AB	11,98 B	13,75 AB	12,50 AB	14,40 A
15-20	11,74 A	11,85 A	12,66 A	12,13 A	13,20 A
20-30	22,52 B	20,42 C	24,88 A	21,73 BC	22,69 B
Total	84,1	81,5	93,8	81,9	86,21

* Em cada profundidade (linhas), médias de tratamentos seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Tabela 3. Teores de nitrogênio total em áreas sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo de um Latossolo Vermelho Distroférico.

André da Rocha, 2004.

Prof.	SQSR		SQR		CNM		CNM		CNM		
					11	28			36		
--cm--	-----kg ha ⁻¹ -----										
0-2,5	984,63	C*	1205,83	B	1506,97	A	1320,71	AB	1205,54	B	
2,5-5	780,98	A	784,31	A	978,67	A	927,11	A	893,74	A	
5-7,5	724,21	AB	700,96	B	938,62	A	827,68	AB	754,32	AB	
7,5-10	721,47	A	639,18	A	742,80	A	693,69	A	757,37	A	
10-15	1244,90	A	1209,35	A	1288,89	A	1264,02	A	1434,48	A	
15-20	1119,60	A	1107,43	A	1157,97	A	1147,47	A	1174,29	A	
20-30	1983,59	B	2019,42	B	2346,45	A	2349,53	A	2247,31	A	
Total	7559,38		7666,48		8960,37		8530,21		8467,05		

* Em cada profundidade (linhas), médias de tratamentos seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Tabela 4. Relação C/N em áreas sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo de um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

Prof. (cm)	SQSR		SQR		CNM	CNM	CNM
					11	28	36
0-2,5	13	*ns	12		11	9	10
2,5-5	11	*ns	10		10	9	9
5-7,5	12	*ns	10		10	9	11
7,5-10	10	*ns	11		11	11	10
10-15	10	*ns	10		11	10	10
15-20	10	*ns	11		11	11	11
20-30	11	*ns	10		11	9	10
Média	11		11		11	10	10

* Em cada profundidade (linhas), médias de tratamentos seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

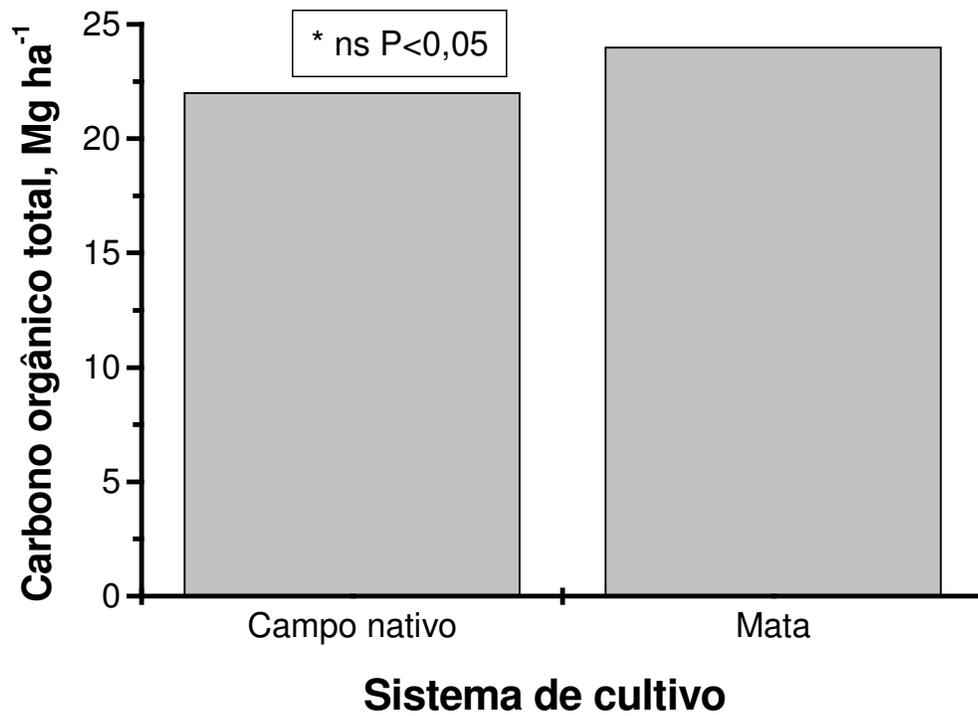


Figura 7. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-5 cm, de um Latossolo Vermelho Distroférico sob campo nativo (média das áreas de campo nativo sem queima) e mata nativa. André da Rocha, 2004.

c) Fracionamento da MO

Os efeitos da queima nas áreas com campos naturais não são restritos apenas à redução da quantidade, mas também da qualidade da MO. A matéria orgânica associada às frações do solo (Figura 8, 9 10 e 11), variou significativamente entre os tratamentos SQSR e Queima bienal.

Na fração maior que 53 μm onde os efeitos mais pronunciados ocorreram na camada 0-2,5 cm do solo, o tratamento SQSR apresentou conteúdos de C e N, 60 % e 31 %, respectivamente, superiores aos encontrados no tratamento com queima bienal. Já na fração associada à argila e silte (menor que 53 μm), a grande diferença estendeu-se por toda a camada avaliada (0-10cm), com os estoques de C e N sendo 19 % e 25 % superiores aos encontrados no tratamento com queima bienal.

Quanto aos tratamentos sem queima o conteúdo de C e N nas frações são apresentados nas tabelas 5 e 6. Na fração maior que 53 μm os tratamentos CNM28 e CNM36, pelo seu histórico de melhoramento, apresentaram conteúdos de C e N considerado abaixo da expectativa. Estes resultados relativamente baixos podem estar relacionados a dois principais fatores. O primeiro relacionado ao início do melhoramento, quando foi realizado o preparo do solo por aração e gradagem.

Neste caso, o aumento na oxigenação do solo promovido pelo revolvimento, e conseqüentemente perdas da fração mais ativa pela

atividade microbiana. Porém, 28 e 36 anos decorridos da perturbação, o sistema já deveria ter incrementado os conteúdos de C na fração ativa. Assim, o segundo fator passou a ser o de maior importância, pois está relacionado ao pastoreio da área. Por servir como “banco de proteína”, a área é pastoreada diariamente nos meses de junho a setembro, sendo também utilizada, nos meses de outubro a dezembro, pelas categorias de animais com maior exigência nutricional (Heringer, 2000), o que diminui a sobra de resíduos, e aumentou a compactação devido à freqüentemente serem submetidas a cargas altas de animais.

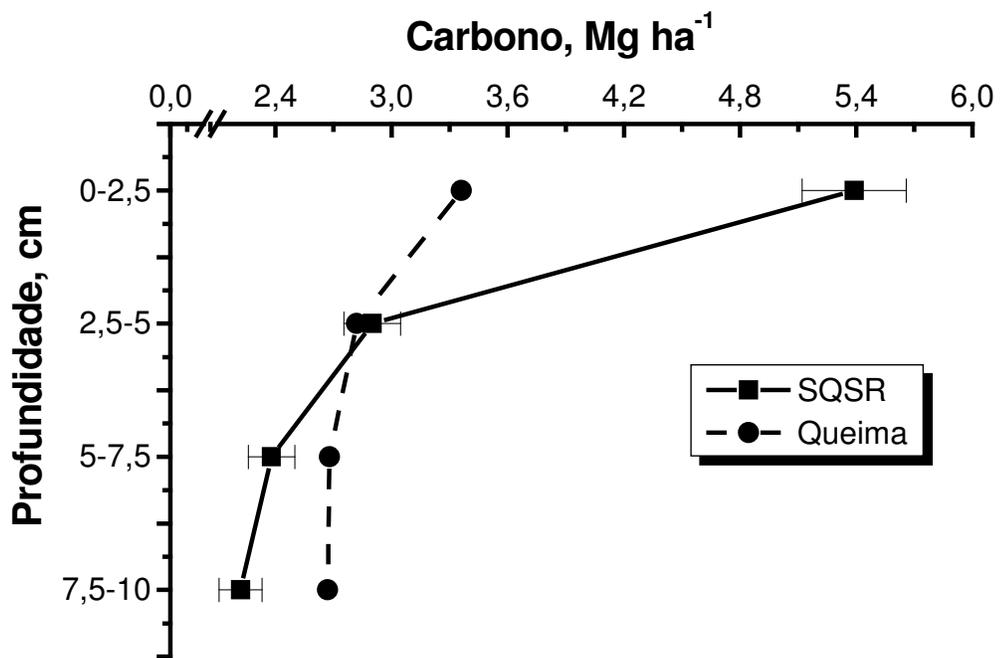


Figura 8. Conteúdo de carbono na fração maior que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

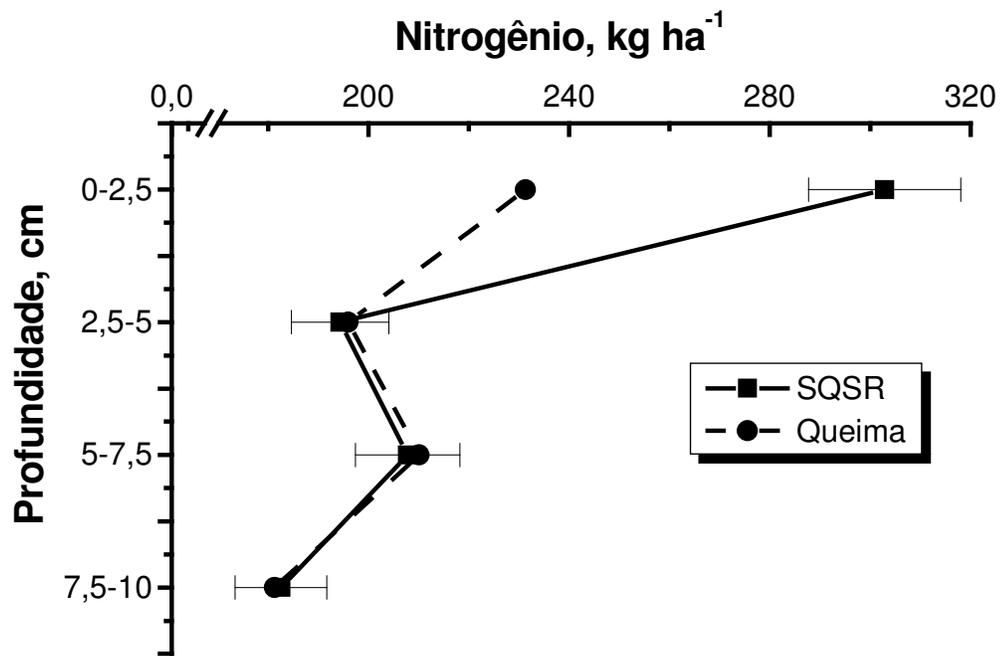


Figura 9. Conteúdo de nitrogênio na fração maior que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

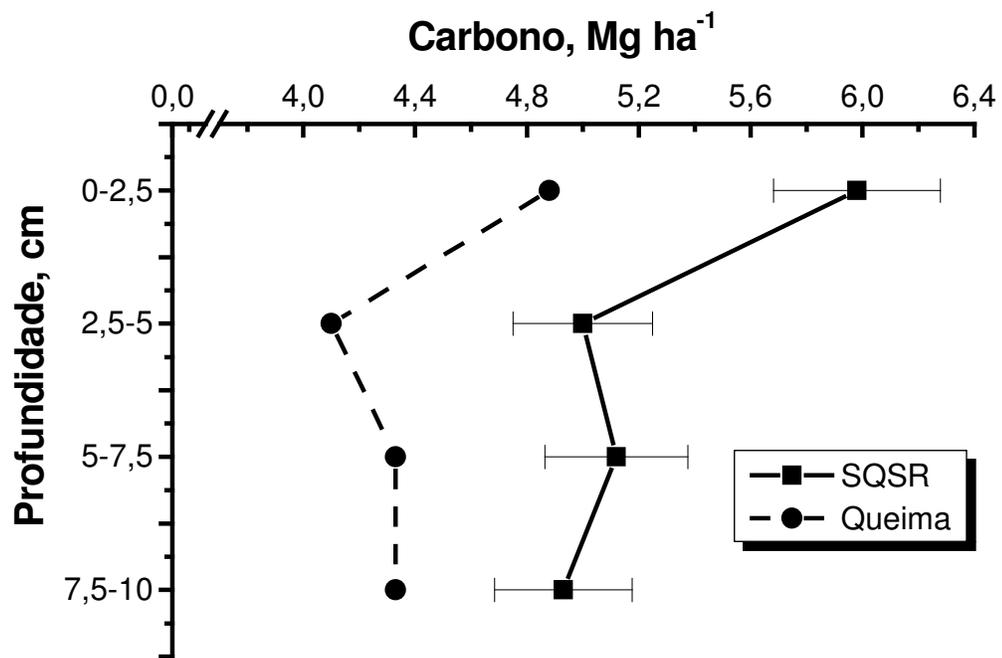


Figura 10. Conteúdo de carbono na fração menor que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

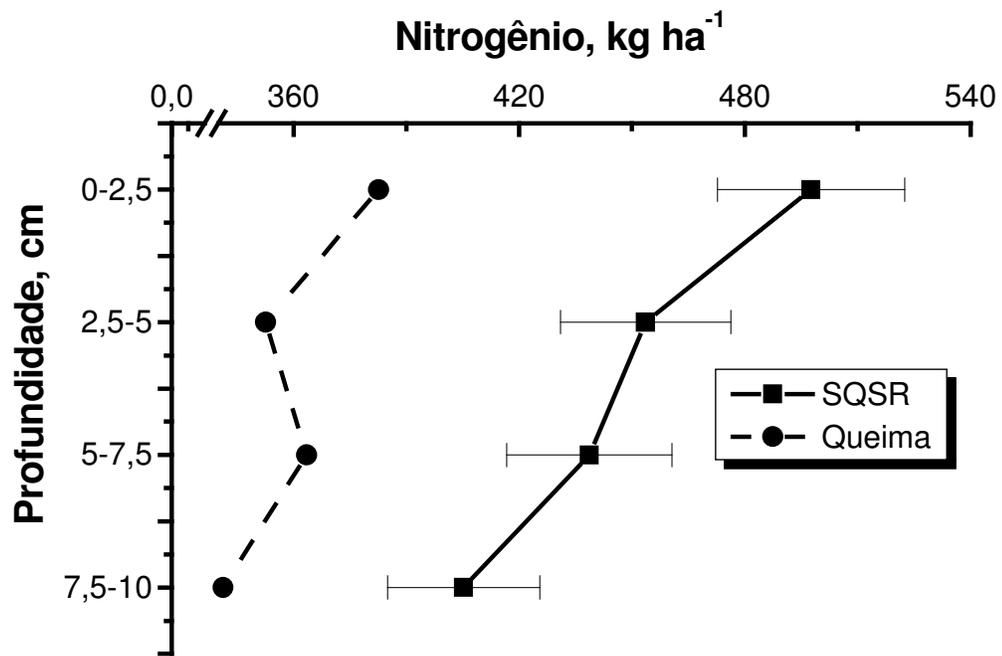


Figura 11. Conteúdo de nitrogênio na fração menor que $53 \mu\text{m}$ sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

Assim, a constante remoção da parte aérea das plantas nestes tratamentos pelo pastejo, é que provavelmente reduziu a capacidade de acúmulo de resíduos na superfície do solo, e conseqüentemente incremento no conteúdo de MO na fração maior que 53 μm , mesmo com diferimento do campo, nos meses de fevereiro a maio.

Na fração silte e argila (menor que 53 μm), foram encontrados maiores conteúdos de C e N, comparativamente aos encontrados na fração maior que 53 μm . Isto ocorre, devido a maior estabilização e efetiva proteção da MO contra o ataque microbiano em relação à fração particulada correspondente ao tamanho areia ou maior que 53 μm (Hassink, 1995).

Comparativamente aos tratamentos sem queima, a área submetida à queima bienal apresentou teores de C e N bem inferiores aos demais tratamentos, resultados comprovando que a queima dos resíduos superficiais constitui em uma prática danosa à MO, afetando conseqüentemente as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Tabela 5. Conteúdo de Carbono nas frações maior e menor que 53 μ m de diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho distroférico. André da Rocha, 2004.

Prof. (cm)	Frações	SQSR		SQR		CNM11		CNM28		CNM36	
		C Mg ha ⁻¹	%C total								
0-2,5	>53 μ m	5,39	47,4	7,54	55,1	8,78	54,6	5,28	44,9	4,88	46,8
	<53 μ m	5,98	52,6	6,14	44,9	7,29	45,4	6,47	55,1	5,56	53,2
	Recuperação	92,0		93,2		99,4		94,8		87,6	
2,5-5	>53 μ m	2,90	36,7	2,77	33,3	3,23	33,9	2,03	26,5	2,56	30,0
	<53 μ m	5,00	63,3	5,54	66,7	6,30	66,1	5,63	73,5	5,98	70,0
	Recuperação	91,8		101,4		102,1		95,1		101,6	
5-7,5	>53 μ m	2,38	31,7	2,47	33,4	2,38	28,7	1,60	21,2	2,12	25,5
	<53 μ m	5,12	68,3	4,91	66,6	5,91	71,3	5,96	78,8	6,20	74,5
	Recuperação	89,1		102,2		92,7		97,6		102,9	
7,5-10	>53 μ m	2,22	31,0	2,63	35,4	1,92	21,2	1,53	21,8	1,72	23,2
	<53 μ m	4,93	69,0	4,81	64,6	7,16	78,8	5,52	78,2	5,69	76,8
	Recuperação	94,6		104,8		112,4		95,8		98,7	

Tabela 6. Conteúdo de Nitrogênio nas frações maior e menor que 53µm de diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho distroférico. André da Rocha, 2004.

Prof. (cm)	Frações	SQSR		SQR		CNM 11		CNM 28		CNM 36	
		N Mg ha ⁻¹	%N total								
0-2,5	>53µm	302,9	37,8	411,6	46,5	613,8	51,5	379,2	40,0	305,8	38,2
	<53µm	497,6	62,2	473,81	53,5	578,5	48,5	568,1	60,0	493,6	61,8
	Recuperação	81,3		73,4		79,1		71,7		66,3	
2,5-5	>53µm	194,3	30,0	185,0	28,4	201,2	27,8	165,4	26,8	185,8	29,0
	<53µm	453,6	70,0	465,7	71,6	523,0	72,2	452,3	73,2	455,1	71,0
	Recuperação	82,9		83,0		74,0		66,6		71,7	
5-7,5	>53µm	207,8	32,1	155,9	26,0	158,6	23,8	120,9	19,6	174,5	24,5
	<53µm	438,6	67,9	443,3	74,0	508,2	76,2	496,6	80,4	538,4	75,5
	Recuperação	89,2		85,5		71,0		74,6		94,5	
7,5-10	>53µm	182,6	31,1	157,8	28,9	135,6	20,8	117,0	21,9	133,0	22,4
	<53µm	405,2	68,9	387,3	71,1	517,8	79,2	417,3	78,1	459,9	77,6
	Recuperação	81,5		85,3		88,0		77,0		78,3	

d) Agregação

A percentagem de agregados estáveis em água nas diferentes classes e o DMG (Diâmetro médio geométrico) para os tratamentos SQSR e Queima, encontram-se nas figuras 12 e 13.

Observa-se que apesar da utilização da queimada por mais de cem anos, este tratamento apresentou percentagem de agregados para as classes maiores, que não diferiram estatisticamente do tratamento SQSR. Entretanto, observa-se (figura 12) que na classe $< 0,21\text{mm}$ o tratamento SQSR apresentou menos de 0,1 % de agregados contra 4,9 % do tratamento com queimada. Esta variação provavelmente esteja relacionada à quantidade de C na forma de carvão resultante da queima bienal em relação ao SQSR, que proporcionou menor estabilidade nas classes 2,0-1,0 e 1,0-0,21mm, deslocando estes agregados para a classe $< 0,21\text{mm}$.

Quanto ao DMG (figura 13), os tratamentos SQSR e Queima não apresentaram diferença significativa, entretanto, numericamente, o tratamento sem queima apresentou valores cerca de 11 % superiores a média do tratamento com queima Bienal.

A comparação entre os tratamentos sem queima está demonstrada nas figuras 14 e 15. Pode-se observar que novamente ocorre predomínio de agregados nas classes maiores, resultado de uma melhor estrutura proporcionada pelos sistemas de cultivo com campo nativo. Um aspecto

importante, visualizado na figura 14, é quanto à percentagem de agregados na classe $< 0,21$ mm, que nos tratamentos CNM 11, CNM 28 e CNM 36 onde o solo foi revolvido no início do melhoramento destas áreas, foram de 4,6 %, 5,3 % e 3,6 %, respectivamente, contra 0,1 % para o SRSR e 0,2 % para o SQR, tratamentos estes que o solo não foi revolvido.

Quanto ao DMG, os tratamentos sem queima também não diferiram estatisticamente, entretanto, com pequena tendência dos tratamentos onde foi revolvido o solo no início do melhoramento apresentarem um DMG pouco menor que onde o solo não foi revolvido.

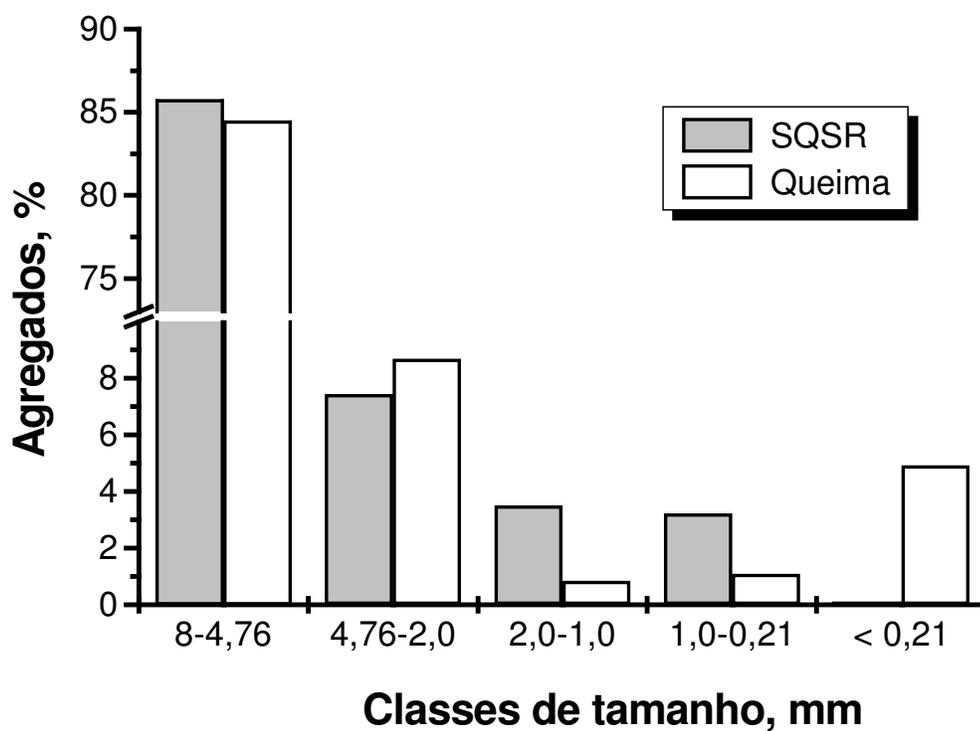


Figura 12. Distribuição do tamanho de agregados, sob dois sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

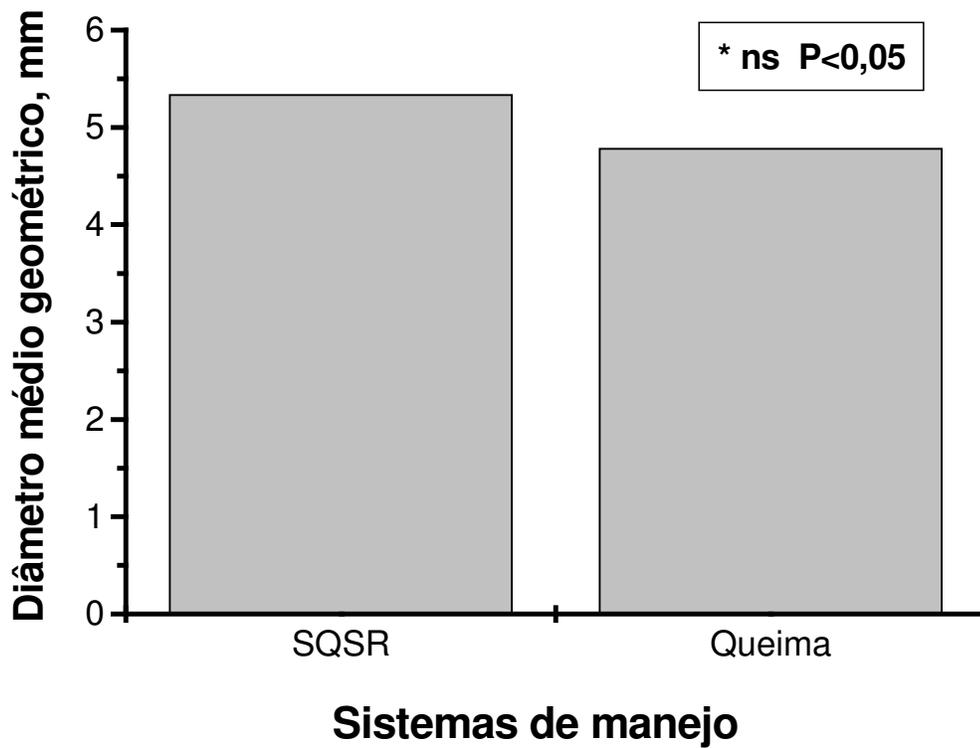


Figura 13. Diâmetro médio geométrico de agregados, sob dois sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

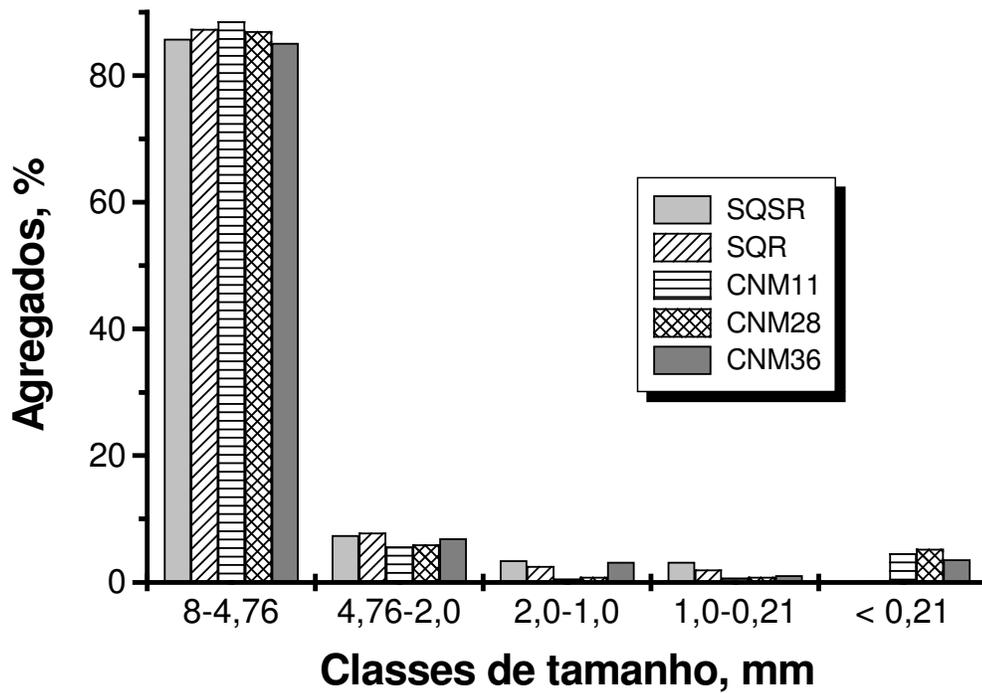


Figura 14. Distribuição do tamanho de agregados, sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférrico. André da Rocha, 2004.

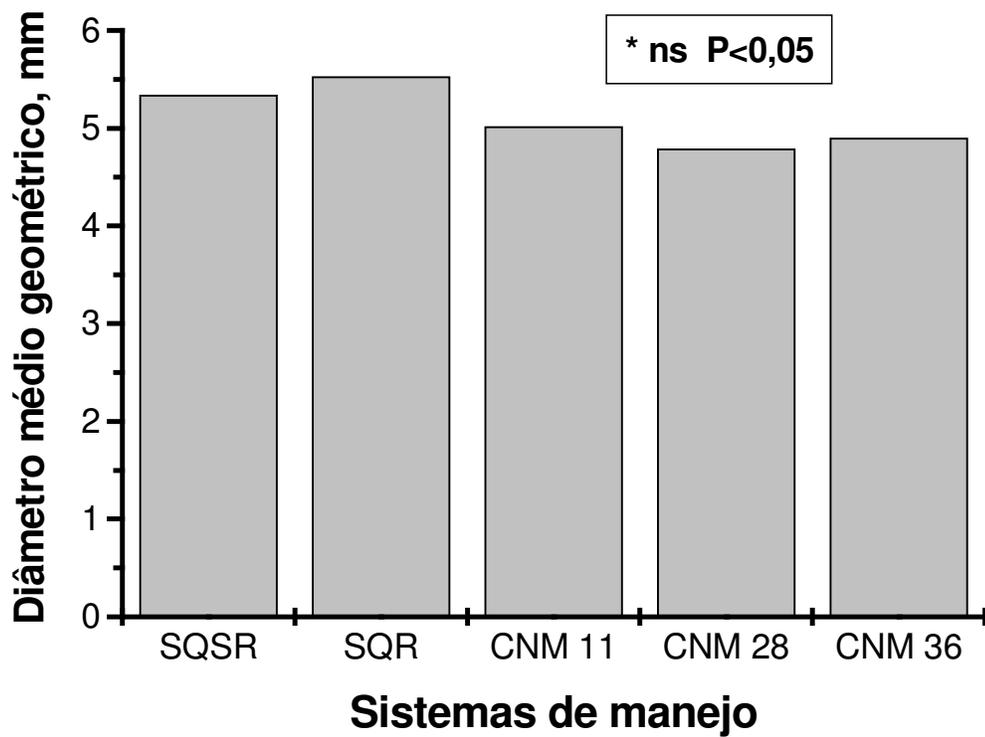


Figura 15. Diâmetro médio geométrico de agregados, sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004.

3.2 - ESTUDO 2

DINÂMICA DA MO EM CAMPO NATIVO SUBMETIDO A QUEIMA E AO PASTEJO

3.2.1. HIPÓTESES

- A queimada como prática de manejo em agroecossistemas pastoris altera a dinâmica da matéria orgânica do solo;
- A queimada utilizada por longo prazo reduz os estoques totais de carbono e nitrogênio do solo;
- A queimada altera o armazenamento de carbono nas frações particulada e estável;
- A associação queimada e pastejo altera os estoques totais de carbono e nitrogênio do solo;
- As queimadas por alterarem a dinâmica da MOS ocasionam decréscimo da qualidade do solo.

3.2.2. OBJETIVOS

a) Objetivo geral

- Avaliar o efeito do manejo dos resíduos culturais em campo nativo na dinâmica da matéria orgânica do solo.

b) Objetivos específicos

- Quantificar os estoques de carbono e nitrogênio total em condição de campo nativo submetido à queimada;
- Estimar a partição do teor de carbono e nitrogênio na fração lábil e estável, obtida pelo fracionamento físico da matéria orgânica em solo submetido à queimada;
- Avaliar a qualidade do solo sob campo natural submetido a diferentes formas de manejo e melhoramento alternativos à queimada;
- Avaliar o efeito do pastejo e da queima nos estoques de carbono e nitrogênio total.

3.2.3 - MATERIAIS E MÉTODOS

A) Localização

Este estudo foi realizado em um experimento conduzido na área experimental do Departamento de Zootecnia da UFSM, em Santa Maria – RS, região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

A localização geográfica da área experimental é de 29°45` de latitude Sul e 53°42` de longitude oeste, e altitude aproximada de 96 m. O clima da região de acordo com a classificação de Köeppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com temperatura média anual de 19,3°C, variando mensalmente entre 9,3 e 31,5°C. A precipitação média anual é de 1769 mm (Moreno, 1961). O solo é um Argissolo Vermelho Distrófico arênico, A moderado, textura superficial arenosa/média (EMBRAPA, 1999).

B) Tratamentos avaliados

Este estudo constou da avaliação de quatro tratamentos (parcelas), representando diferentes condições de campo natural.

Os tratamentos avaliados foram os seguintes:

- a) **SQSP** - sem queima e sem pastejo (há seis anos);
- b) **CQSP** - com queimada em 1995, 1997 e 2001 e sem pastejo há seis anos;
- c) **CQCP** - com queimada em 1995, 1997 e 2001 e com pastejo;
- d) **SQCP** - sem queima e com pastejo.

C) Amostragem do solo

A amostragem do solo foi realizada na primeira quinzena de outubro de 2001. Demais atividades seguem a descrição contida no Estudo 1.

D) Respiração do solo

Utilizou-se a metodologia conforme descrição no Estudo 1.

Neste estudo não foi utilizada área de mata como referência, pois não tinha área adjacente que contemplasse os objetivos buscados, ou seja, que a área de mata não tivesse sofrido alterações antrópicas significativas. Durante a avaliação a temperatura ambiente foi de 19°C.

E) Fracionamento da matéria orgânica

Utilizou-se a metodologia conforme descrição no Estudo 1.

F) Análise de Carbono e Nitrogênio

Utilizou-se a metodologia conforme descrição no Estudo 1.

E) Estabilidade de agregados

Utilizou-se a metodologia conforme descrição no Estudo 1.

I) Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise da variância e as diferenças entre médias obtidas pelo teste Duncan a 5%.

3.2.4 - RESULTADOS

a) Respiração do solo

Na Figura 16 e 17 são apresentadas as emissões de CO₂ para os diferentes sistemas de manejo do campo nativo da região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

Entre os sistemas de manejo com pastejo, a associação com queima (CQCP) apresentou resultados baixos (83 kg CO₂ ha⁻¹ dia⁻¹); entretanto, não diferiu estatisticamente do tratamento sem queima (SQCP). Comparativamente ao Estudo 1, na região dos Campos de Cima da Serra, o tratamento queima bienal por mais de 100 anos apresentou respiração superior em 18% a encontrada no tratamento semelhante CQCP, do presente estudo. Se comparar as áreas sem queima SQSR do Estudo 1 e SQCP do presente estudo, a diferença em prol da área dos Campos de Cima da Serra chega a 45,8 %. A provável justificativa para tais diferenças está relacionada as espécies vegetais que podem apresentar desenvolvimento diferenciado, devido a maior temperatura ambiente na região da Depressão Central, tendo como consequência direta na redução da quantidade de matéria orgânica e assim redução na fonte de alimento e atividade microbiana.

Na ausência de pastejo ocorreu uma maior disponibilidade de resíduos a biota do solo que resultou em uma maior respiração (Figura 17).

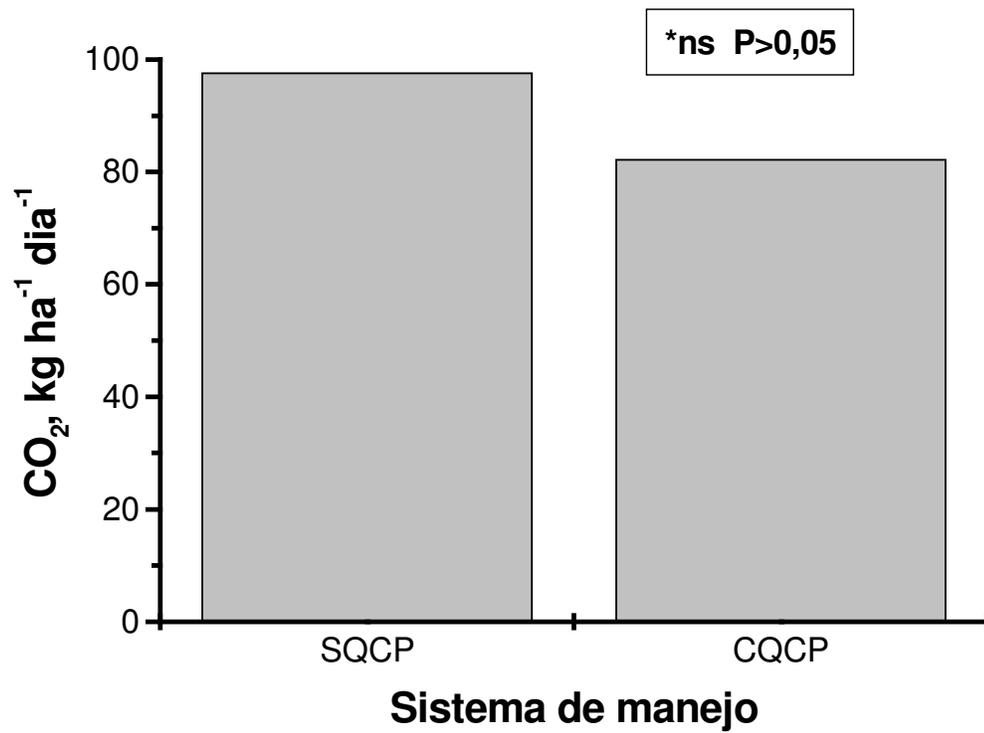


Figura 16. Respiração de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

Nestes tratamentos a respiração do solo chegou a $113 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no tratamento sem queimada (SQSP), a qual diferiu estatisticamente e foi 46 % superior a encontrada no tratamento que foi queimado (CQSP).

Observa-se que em média os sistemas de manejo com pastejo apresentaram uma respiração cerca de 5,9 % inferior aquela encontrada para a média dos tratamentos sem pastejo. Da mesma forma, quando comparou-se a média dos tratamentos com uso da queimada contra os tratamentos sem queima, estes últimos apresentaram uma respiração média de $105,63 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, ou seja, 9,8 % superiores a média dos tratamentos com queima.

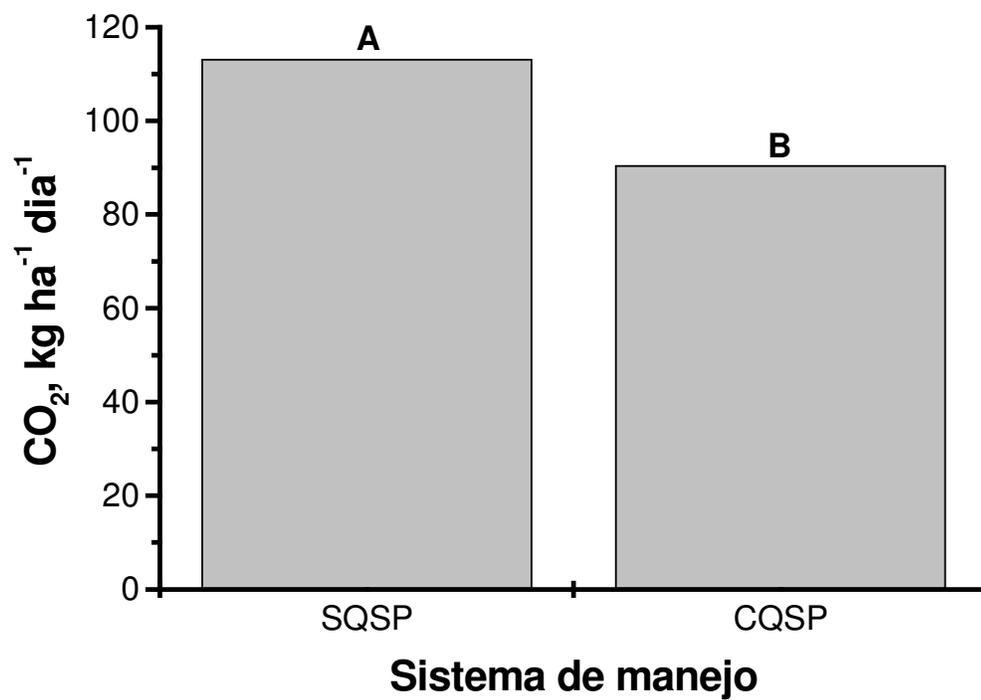


Figura 17. Respiração de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo não pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

b) Carbono orgânico total e nitrogênio total

Nas Figuras 18 e 19 são apresentados os conteúdos de COT e NT ao longo do perfil, onde observa-se que a redução nos conteúdos quando utilizou-se a queima (CQCP), comparativamente ao tratamento sem queima, (SQCP) ocorreu em todo o perfil, e para os dois elementos avaliados.

Comparando-se apenas a camada 0-5 cm (Figuras 20 e 21), apesar de não ocorrer diferença significativa entre os tratamentos para COT, quando utilizou-se queima a redução foi de 11,6 % em relação ao tratamento SQCP. Já para o NT onde ocorreu diferença estatística o tratamento CQCP apresentou redução de 14,0 %, comparativamente ao tratamento SQCP. Esta redução reflete a intensa retirada de material vegetal pelo pastejo. .

Semelhante ao ocorrido para respiração do solo, o conteúdo de COT e NT encontrados no Estudo 1, foram superiores aos do presente estudo. As diferenças neste caso, entre os tratamentos SQSR e SQCP chegaram a 2,6 vezes para COT e 2,5 vezes para NT. Já entre os tratamentos queimados, as diferenças entre Queima e CQCP foram de 2,2 vezes para COT e 2,0 vezes para NT. Estas diferenças estão relacionadas basicamente a dois fatores, a textura do solo, que no caso de André da Rocha com textura mais argilosa, tende a proporcionar maior estabilidade física à matéria orgânica, reduzindo a ação decompositora proporcionada pelos microorganismos, e o segundo fator, é a temperatura ambiente, que no caso do Estudo 1, tende a ser

menor. Segundo a lei de van Hoff, a temperatura ambiente tem uma relação direta com a velocidade das reações de natureza biológica, as quais duplicam a cada 10°C de aumento na temperatura.

Na tabela 7 são apresentados os conteúdos de COT e NT para os tratamentos não foram pastejados. Observa-se, que o tratamento CQSP, apresentou maior teor de COT na camada 0-30 cm que o tratamento SQSP e também em relação aos demais tratamentos pastejados. Este acúmulo, provavelmente está relacionado a grande adição de carbono na forma de carvão, proveniente da combustão dos restos vegetais. Entretanto, este C-carvão está em forma inerte, não servindo como fonte de energia para os microorganismos do solo, não proporcionando melhoria na qualidade do solo (Skjemstad et al., 1999). Este fato pode ser comprovado pela menor respiração do solo no tratamento com queima (Figura 17).

Comparando-se a média dos tratamentos sem queima na camada 0-5 cm, eles apresentaram 13,3 % e 17,0 % de COT e NT, respectivamente, a mais que à média dos tratamentos submetidos a queima. Observou-se ainda a maior sensibilidade ao fogo que o NT possui em relação ao COT.

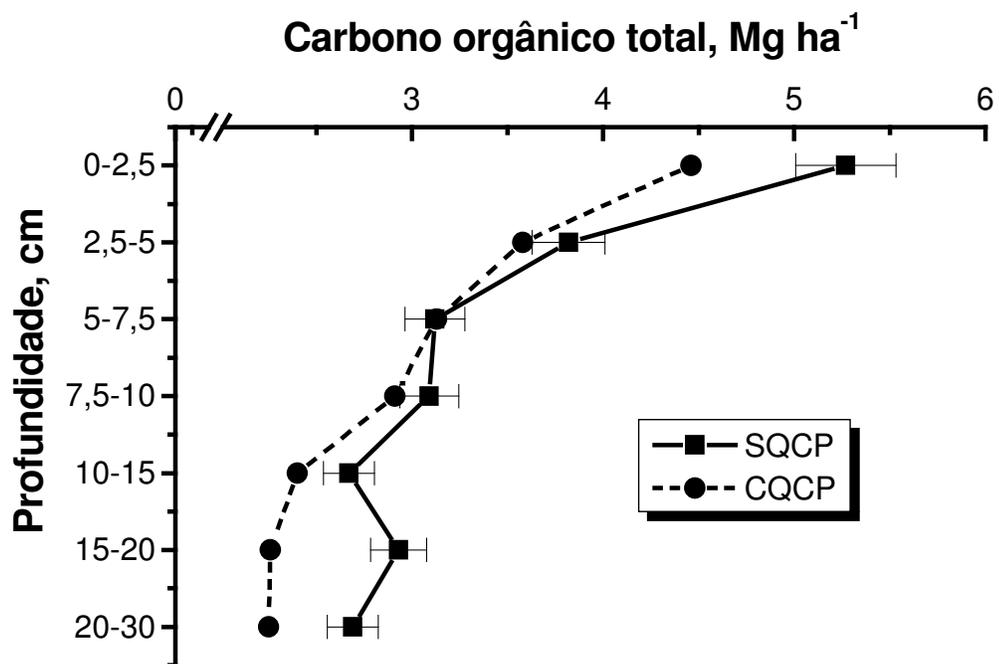


Figura 18. Conteúdo de carbono orgânico total (COT), de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

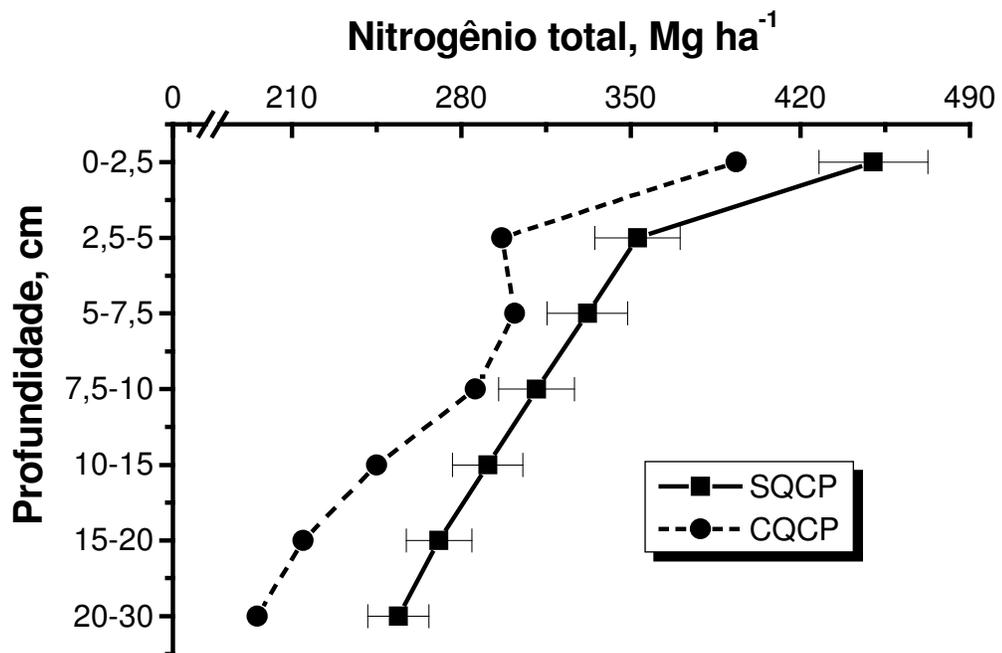


Figura 19. Conteúdo de nitrogênio total (NT), de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

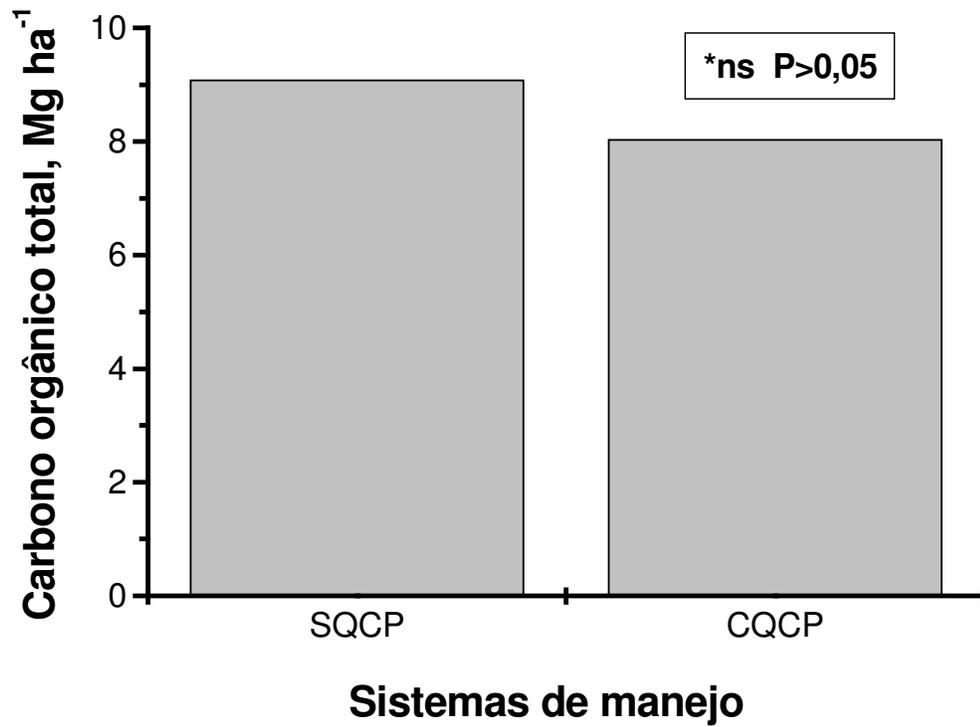


Figura 20. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-5 cm, de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

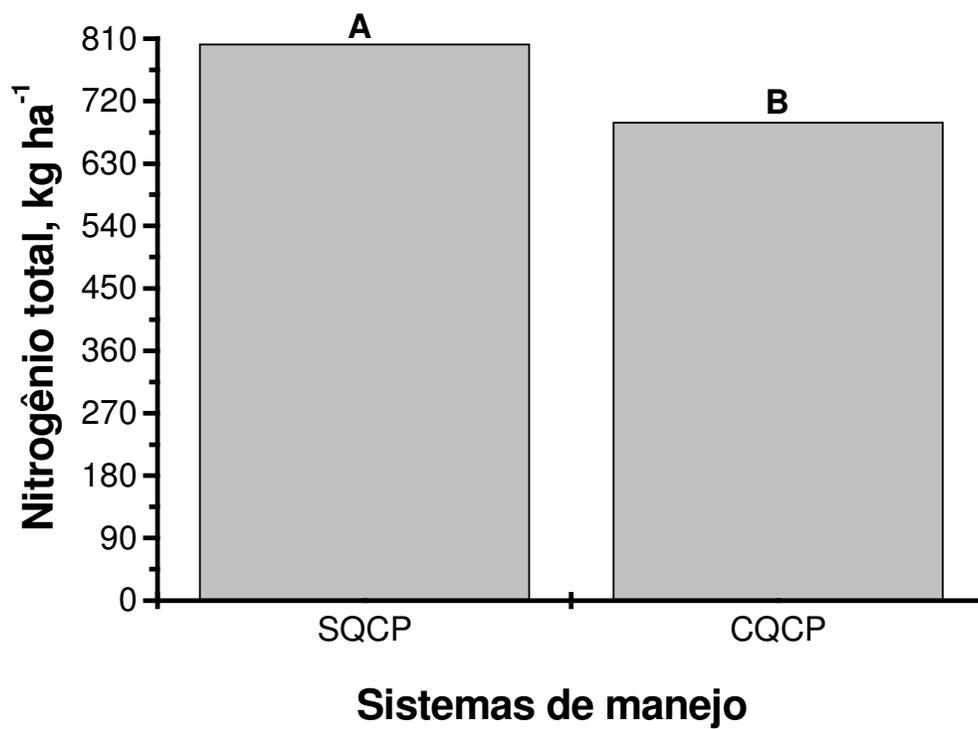


Figura 21. Conteúdo de nitrogênio total (NT) na camada 0-5 cm, de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

Entre os tratamentos com e sem pastejo, também na camada 0-5 cm, observa-se que os efeitos do pastejo são bem menos pronunciados que a queima, onde estes sistemas de manejo apresentaram teores de COT apenas 4,1 % inferiores ao manejo não pastejado e 2,2 % a mais para os teores de NT. Desta forma, estes resultados estão demonstrando que o maior responsável pela redução dos teores de COT e principalmente de NT é a queima como prática de manejo. Quanto aos teores de COT, a diferença pode ser ainda maior, já que boa parte do material queimado permanece no local como C-carvão sendo quantificado como C biologicamente ativo pelas metodologias convencionais empregadas na análise do solo (Skjemstad et al., 1999).

Em estudos preliminares, nesta mesma área, Pontelli et al. (2000) encontraram que a associação de apenas uma queima com o pastejo reduziu 12 % do COT na camada 0-30 cm, em relação ao tratamento apenas pastejado, novamente refletindo o grande efeito negativo proporcionado pelo fogo e pastejo como métodos de manejo de campos naturais.

Tabela 7. Conteúdo de carbono orgânico total (COT), de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em campo nativo não queimado e não pastejado (SQSP) e queimado e não pastejado (CQSP). Santa Maria, 2004.

Profundidade (cm)	SQSP			CQSP		
	COT	NT	Relação	COT	NT	Relação
	----Mg ha ⁻¹ ----	----kg ha ⁻¹ ----	C/N	----Mg ha ⁻¹ ----	----kg ha ⁻¹ ----	C/N
0-2,5	5,74 a*	444,42 a	13 a	4,70 b	367,86 b	13 a
2,5-5	3,75 a	345,78 a	11 a	3,67 a	303,08 b	12 a
5-7,5	3,54 a	319,27 a	11 a	3,65 a	305,23 a	12 a
7,5-10	3,09 b	300,94 a	10 a	3,56 a	282,53 a	13 a
10,0-15,0	5,69 b	518,83 a	11 a	6,40 a	532,75 a	12 a
15,0-20,0	5,65 a	515,08 a	11 a	5,28 a	457,30 b	12 a
20,0-30,0	11,03 a	955,77 a	12 a	11,54 a	925,98 a	12 a
Total	38,49	3400,09	11	38,80	3174,73	12

* Em cada profundidade, médias de tratamentos seguidas por letras minúsculas iguais não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

c) Fracionamento da MO

A matéria orgânica associada às frações do solo esta sendo apresentada nas figuras 22, 23, 24 e 25. Como pode ser observado, os maiores conteúdos de carbono (COT) e nitrogênio (NT) ficaram concentrados na camada superficial (0-2,5 cm) onde os tratamentos CQCP e SQCP diferenciaram significativamente entre si. Outra importante informação, é quanto os conteúdos de COT e NT encontrados na fração menor que 53 μm , que no tratamento sem queima (SQCP) foram 5,4 e 4,0 vezes, respectivamente, superiores aos conteúdos encontrados na fração maior que 53 μm , e no tratamento com queima (CQCP) os conteúdos foram 4,5 e 2,2 vezes, respectivamente.

Os conteúdos de COT e NT dos tratamentos sem pastejo (SQSP e CQSP) são apresentados na tabela 8. Como ocorreu nos tratamentos com pastejo (SQCP e CQCP) a maior concentração de COT e NT dos tratamentos sem pastejo ocorreu na camada 0-2,5 cm.

Comparando-se as diferentes formas de manejo do campo nativo, observou-se que tratamento CQCP na camada superficial (0-2,5 cm) apresentou uma redução de 29 % e 9 % na fração associada a areia e de 28 % e 14 % na fração associada ao silte e argila no conteúdo de COT e NT, respectivamente, em relação ao manejo SQSP.

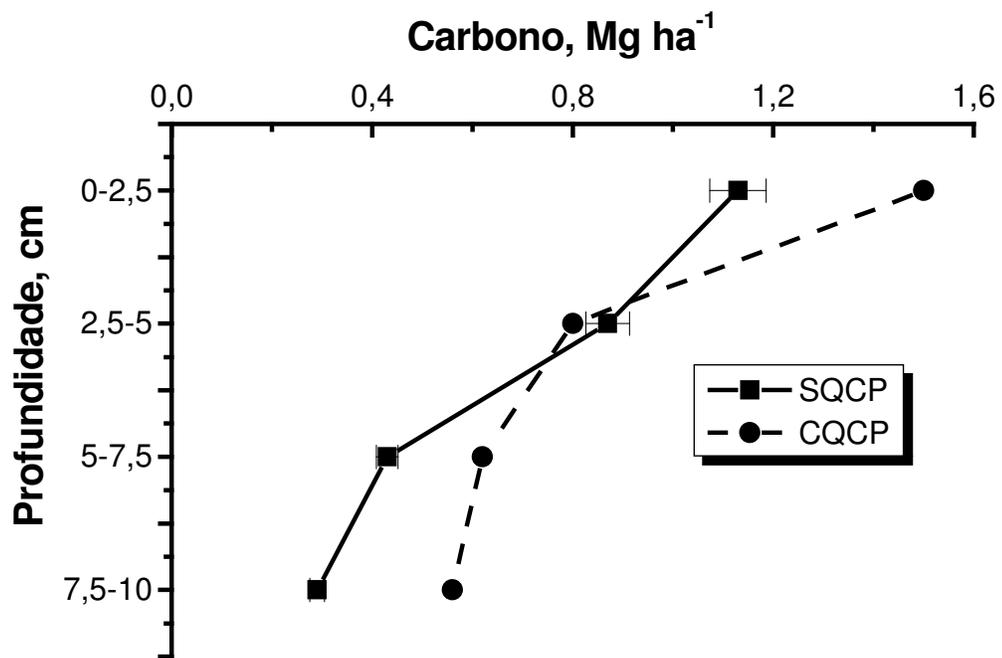


Figura 22. Conteúdo de carbono na fração maior que 53 μm , de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

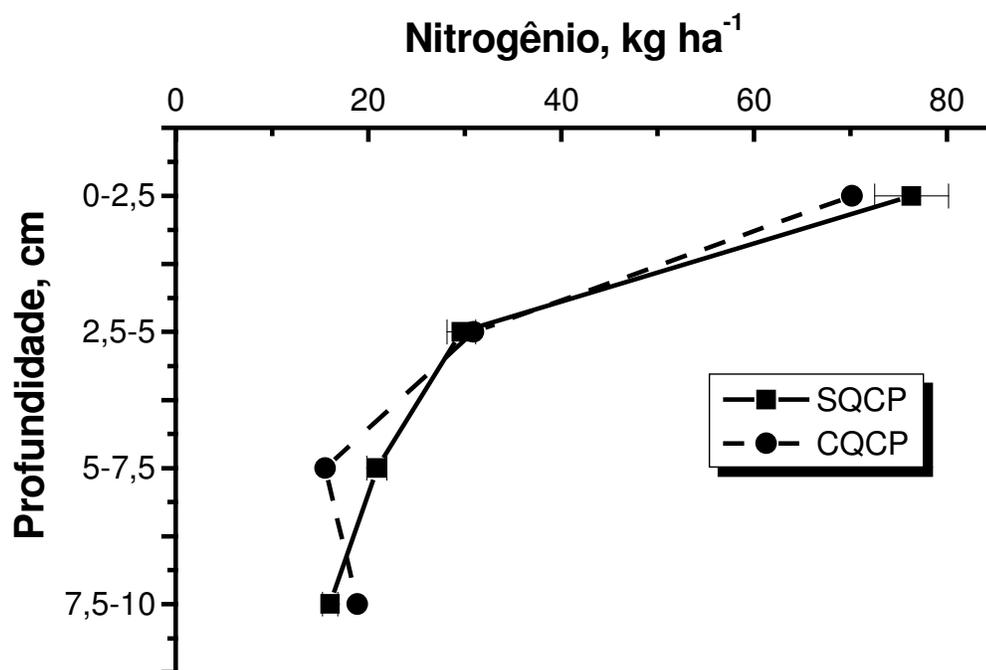


Figura 23. Conteúdo de nitrogênio na fração maior que 53 μm , de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

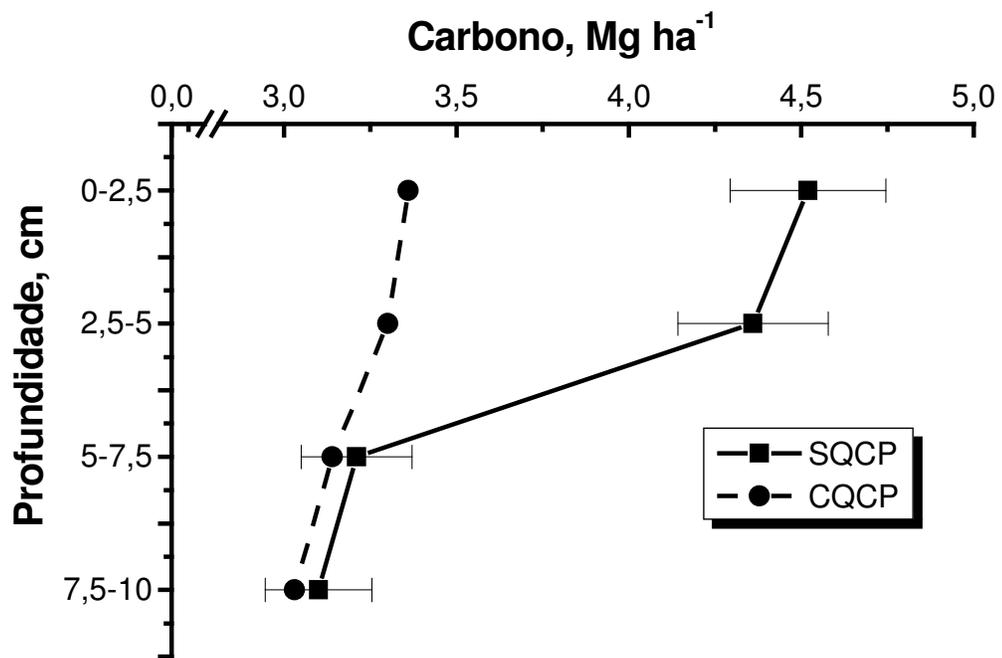


Figura 24. Conteúdo de carbono na fração menor que 53 μm , de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

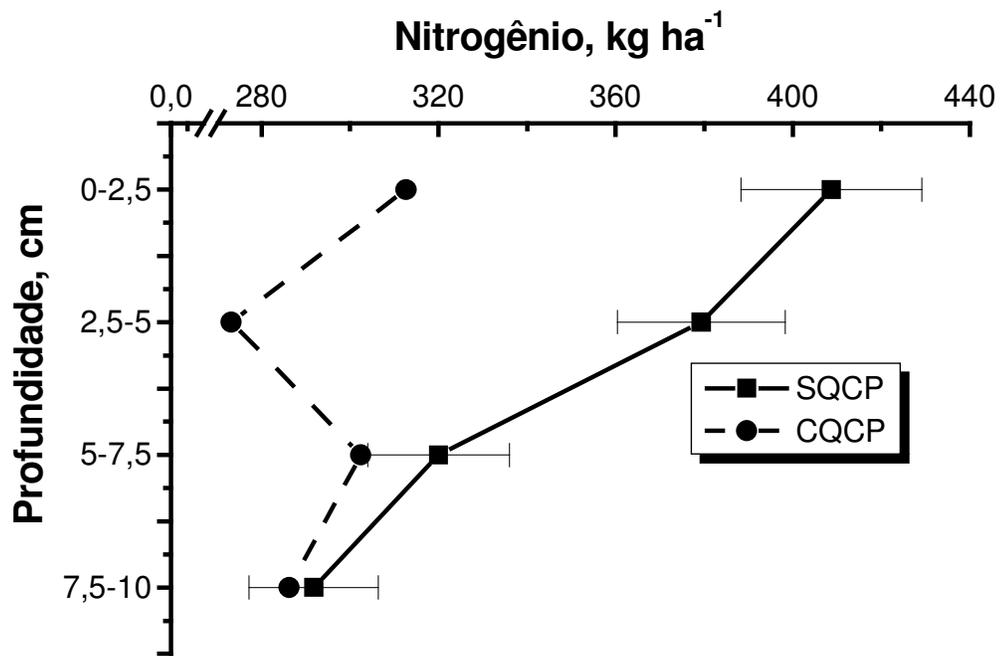


Figura 25. Conteúdo de nitrogênio na fração menor que 53 μm , de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

Estes valores estão evidenciando o efeito negativo dos diferentes sistemas de manejo (queima e pastejo), onde principalmente para os teores de carbono, mesmo na fração menor que 53 μm , onde a matéria orgânica apresenta maior estabilidade, ela foi significativamente afetada.

Desta forma, quando se busca a manutenção de um sistema em seu estado natural, visando a qualidade do solo e conseqüentemente fornecimento de alimentos em quantidades e qualidade suficientes para os animais, o uso do fogo deve ficar restrito a casos extremos quando os restos vegetais estiverem em quantidade elevadas que impossibilite a utilização de outra forma de manejo como, por exemplo, a roçada ou de estratégias de pastejo que visam a redução do volume de fitomassa.

Tabela 8. Conteúdo de carbono e nitrogênio nas frações maior e menor que 53 μ m de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo não pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

Prof. (cm)	Frações	SQSP				CQSP			
Prof. (cm)	Frações	C Mg ha ⁻¹	%C total	N kg ha ⁻¹	%N total	C Mg ha ⁻¹	%C total	N kg ha ⁻¹	%N total
0-2,5	>53 μ m	2,12	31,39	77,11	18,96	1,64	34,06	69,22	17,58
	<53 μ m	4,64	68,61	329,61	81,04	3,17	65,94	324,55	82,42
	Recuperação	118		92		102		107	
2,5-5	>53 μ m	0,63	12,79	35,79	9,84	0,51	13,99	44,38	12,90
	<53 μ m	4,27	87,21	327,93	90,16	3,14	86,01	299,57	87,10
	Recuperação	130		105		100		113	
5-7,5	>53 μ m	0,45	10,95	38,52	11,16	0,43	11,81	28,89	8,66
	<53 μ m	3,68	89,05	306,61	88,84	3,23	88,19	304,90	91,34
	Recuperação	117		108		100		109	
7,5-10	>53 μ m	0,24	6,54	17,26	6,27	0,26	7,45	24,64	7,87
	<53 μ m	3,48	93,46	258,16	93,73	3,21	92,55	288,27	92,13
	Recuperação	121		92		97		111	

d) Agregação

A percentagem de agregados estáveis em água nas diferentes classes e o DMG (Diâmetro médio geométrico) para os tratamentos com pastejo (SQCP e CQCP), encontram-se nas figuras 26 e 27 e para os tratamentos sem pastejo (SQSP e CQSP), encontram-se nas figuras 28 e 29.

Observa-se que apesar de apresentarem certa diferença numérica principalmente nas classes menores que 4,76 mm, as diferenças entre médias para classes de agregados e diâmetro médio geométrico não foram significativas ao nível de 5 %. Estes resultados provavelmente estão relacionados com a textura do solo, que por ser arenosa, reduz a capacidade cimentante dos minerais do solo e conseqüentemente a estabilidade dos agregados.

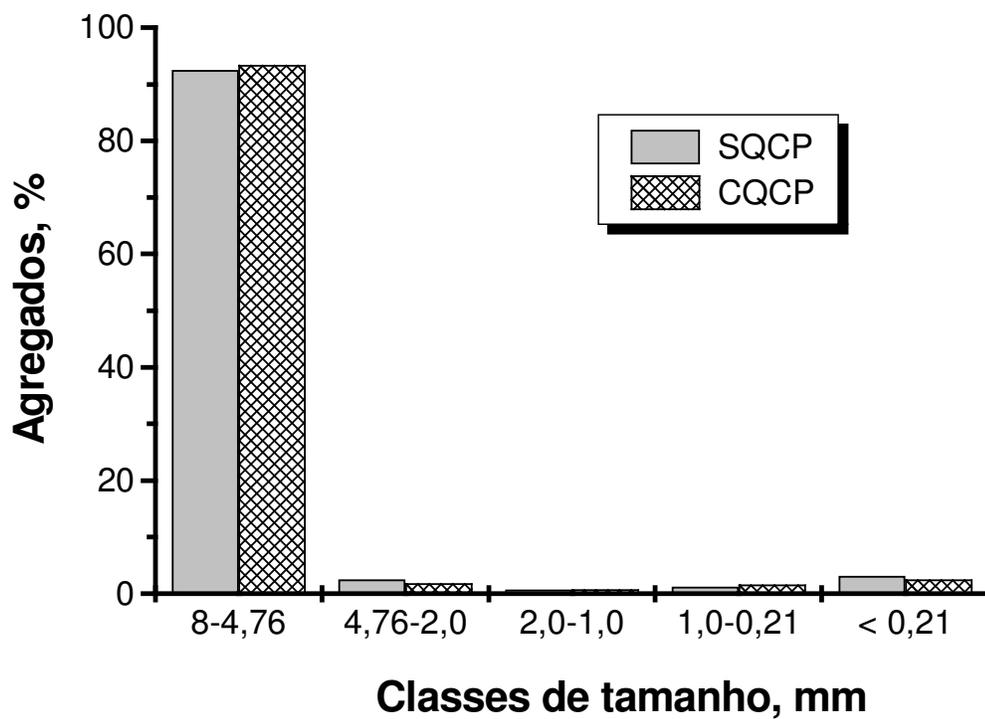


Figura 26. Distribuição do tamanho de agregados em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

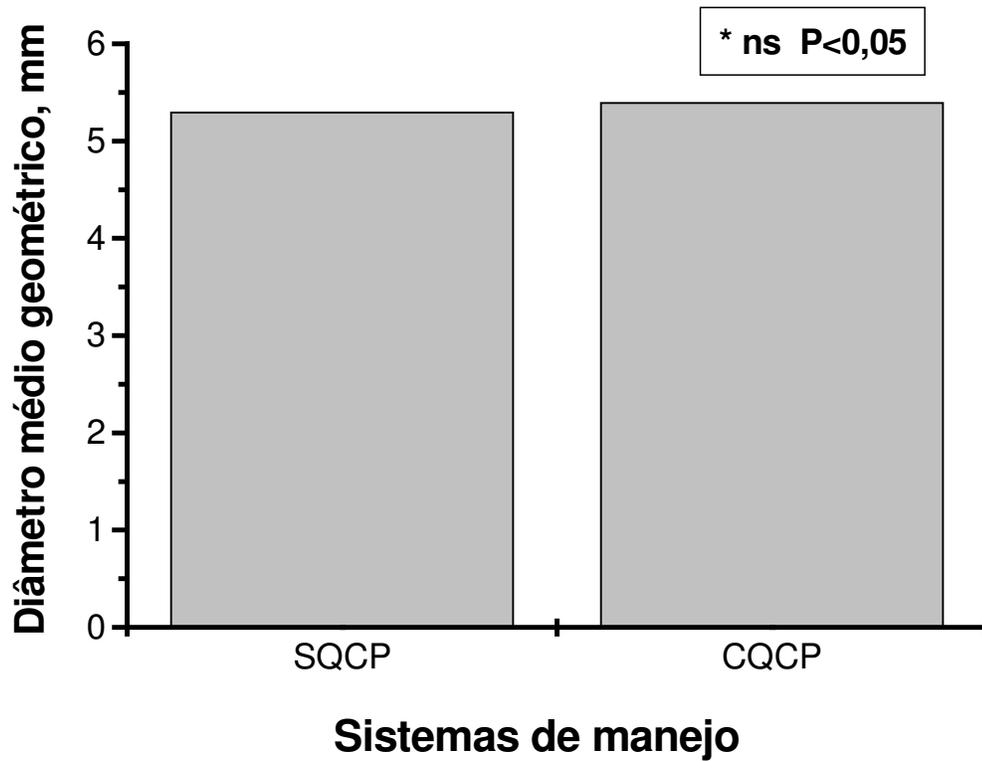


Figura 27. Diâmetro médio geométrico de agregados em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

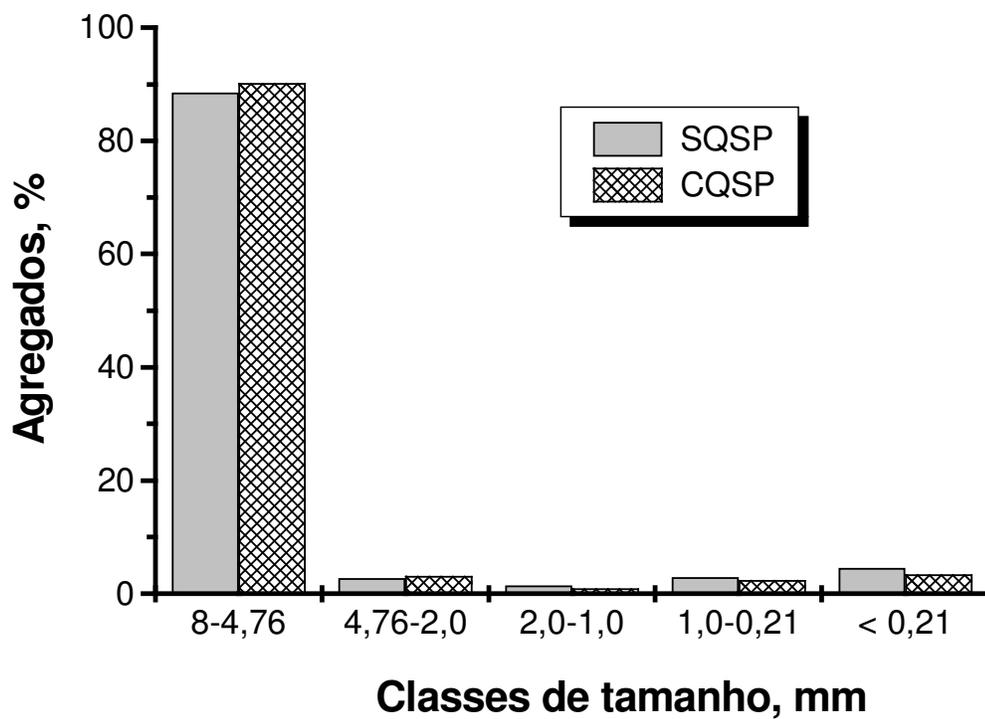


Figura 28. Distribuição do tamanho de agregados em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo não pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

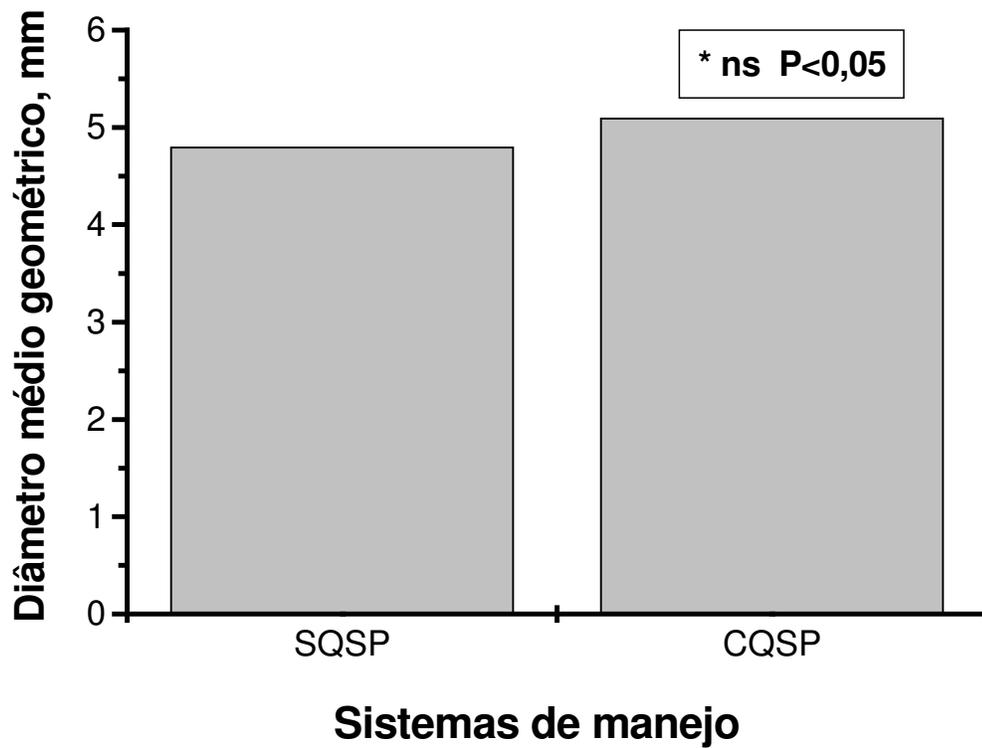


Figura 29. Diâmetro médio geométrico de agregados em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico sob campo nativo não pastejado e manejado com e sem queima. Santa Maria, 2004.

3.3 - ESTUDO 3

DINÂMICA DA MO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DOS RESÍDUOS CULTURAIS

3.3.1. HIPÓTESES

- A queimada como prática de manejo em sistema de cultivo convencional altera a dinâmica da matéria orgânica do solo.
- A queimada utilizada por longo prazo reduz os estoques totais de carbono e nitrogênio do solo.
- A queimada altera o armazenamento de carbono nas frações particulada e estável.
- Práticas que reduzem o teor de MO do solo, como queimadas, remoção de resíduos e preparo convencional, conduzem ao decréscimo na qualidade do solo.

3.3.2. OBJETIVOS

a) Objetivo geral

- Avaliar o efeito do manejo dos resíduos culturais na dinâmica da matéria orgânica do solo.

b) Objetivos específicos

- Quantificar os estoques de carbono e nitrogênio total em área sob cultivo convencional submetido à queimada;
- Estimar a partição do teor de carbono e nitrogênio na fração lábil e estável, obtida pelo fracionamento físico da matéria orgânica em solo submetido à queimada;
- Avaliar a qualidade do solo sob cultivo convencional submetido a diferentes formas de manejo alternativas a queimada.
- Avaliar o efeito do manejo de resíduos culturais sob a dinâmica da MO.
- Estimar o impacto do manejo de resíduos culturais sob a qualidade do solo.
- Analisar a qualidade do solo sob sistema de semeadura direta alternativo ao cultivo convencional.

3.3.3 - MATERIAIS E MÉTODOS

A) Localização

Este estudo foi realizado em um experimento conduzido na estação experimental da EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e de extensão Rural de Santa Catarina, em Campos Novos - SC, região fisiográfica do Planalto Catarinense.

A localização geográfica da área experimental é de 27°24' de latitude Sul e 51°13' de longitude norte, e altitude aproximada de 960 m. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, temperado úmido, com temperatura média anual de 16,5°C, variando mensalmente entre 8 e 27°C. A precipitação média anual é de 1964 mm (Bacic et al., 1994). O solo é um Nitossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa com 76% de argila (EMBRAPA, 1999). A análise do solo para a camada de 0 a 20 cm, realizada em período anterior à instalação do experimento (1994), apresentou valores de pH-H₂O de 5,6, fósforo de 3,0 mg L⁻¹, potássio de 100 mg L⁻¹, matéria orgânica de 37 g kg⁻¹, alumínio de 0,0 cmol_c L⁻¹ e, cálcio + magnésio de 12,5 cmol_c L⁻¹ (Veiga & Pandolfo, 2000).

B) Avaliações

Este estudo constou da avaliação de quatro tratamentos conduzidos em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições, com uma

rotação de culturas para três anos com triticales(*Triticum* sp)[centeio(*Secale cereale*)]/soja (*Glycine Max*)/ervilhaca(*Vicia sativa*)/milho(*Zea mays*)/aveia (*Avena strigosa*)/feijão (*Phaseolus vulgaris*)/trigo mourisco(*Fagopyrum esculentum*)[nabo forrageiro (*Raphanus sativus*)]. Foi utilizada como referência, uma área de campo nativo, adjacente à área experimental.

B 1) Tratamentos avaliados

Os tratamentos consistiram de diferentes formas de manejo dos resíduos, como segue:

- a) **PD** - resíduos mantidos na superfície, com dessecação dos adubos verdes de inverno e/ou plantas daninhas antes da semeadura das culturas de verão, sem preparo do solo (plantio direto);
- b) **PC** - resíduos incorporados através de uma aração e duas gradagens, antes da implantação da cultura de verão (preparo convencional). A aração foi realizada tombando a leiva para cima nos anos pares e para baixo nos anos ímpares, tendo-se o cuidado de não enterrar muito o arado na primeira e última passada evitando-se assim a formação de “murchão” ou de sulco muito profundo, respectivamente. Antes da cultura de inverno os resíduos não são incorporados;

- c) **PC-R** - preparo convencional (idem b) com retirada dos resíduos culturais após a colheita, e no caso dos adubos verdes, antes da dessecação;
- d) **PC-Q** - preparo convencional (idem b) com queima de todos os resíduos culturais, sendo as culturas de inverno dessecadas, e após secas feito o aceiro com queima de todos os resíduos.
- e) **Campo nativo** – campo natural em área adjacente ao local de estudo, utilizado como referência.

B 2) Subtratamentos

Os subtratamentos consistiram de diferentes formas de adubação, como segue:

- a) **Sem adubo** – não é adicionado adubo orgânico ou mineral;
- b) **Reposição** – adubação visando um nível de alta produtividade, seguindo recomendação da Rolas:

Milho – 140 kg N ha⁻¹ na forma de uréia, sendo aplicada um terço na base e o restante em cobertura;
70 kg P₂O₅ ha⁻¹ na forma de superfosfato triplo;
100 kg K₂O ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio.

Soja – 0 kg N ha⁻¹ com inoculação das sementes;
60 kg P₂O₅ ha⁻¹ na forma de superfosfato triplo;
90 kg K₂O ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio.

Feijão – 85 kg N ha⁻¹ na forma de uréia, sendo aplicada um terço na base e o restante em cobertura;
20 kg P₂O₅ ha⁻¹ na forma de superfosfato triplo;
40 kg K₂O ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio.

c) **Orgânico** – 5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de massa úmida de cama de aves com 3 a 4 lotes.

B 3) Demais práticas de cultivo

a) Semeadura das culturas

As culturas de verão foram semeadas no sentido transversal ao declive, seguindo as faixas de manejo dos resíduos. As sementes de todas as culturas foram tratadas com fungicida e inseticida, visando reduzir as perdas pelo ataque de pragas daninhas a germinação e desenvolvimento inicial das sementes. As culturas de inverno foram semeadas no sentido longitudinal ao declive (maior comprimento), sem adubação, tendo-se o cuidado de corrigir a quantidade para 100% de germinação. As cultivares, espaçamento e stand para cada cultura são os seguintes:

- **Milho** – híbrido simples ou triplo recomendado, com 90 cm de espaçamento entre linhas e 5 plantas por metro linear, com um stand final de 55 mil plantas por hectare.
- **Feijão** – cultivar carioca ou outra recomendada, com espaçamento entre linhas de 45 cm, e 12 sementes viáveis por metro linear, com um stand final de 200 mil plantas por hectare.

- **Soja** – cultivar de ciclo semi-tardio recomendada para região, com espaçamento entre linhas de 45 cm e 20 sementes viáveis por metro linear, com um stand final de 400 mil plantas por hectare.
- **Aveia preta** – cultivar comum ou outra recomendada para região, com espaçamento entre linhas de 17 cm e 80 kg de sementes viáveis por hectare.
- **Vica comum** – cultivar comum ou outra recomendada para região, com espaçamento entre linhas de 17 cm e 60 kg de sementes viáveis por hectare.
- **Centeio** – cultivar recomendada para região, com espaçamento entre linhas de 17 cm e 100 kg de sementes viáveis por hectare.
- **Nabo forrageiro** – cultivar comum ou outra recomendada para região, com espaçamento entre linhas de 17 cm e 15 kg de sementes viáveis por hectare.

b) Controle de plantas daninhas

O controle das plantas daninhas foi realizado apenas nas culturas comerciais, através de dessecação antes da implantação das culturas e aplicação de herbicidas pós-emergentes.

C) Amostragem do solo

A amostragem do solo foi realizada na segunda quinzena de outubro de 2001. Foi realizada uma amostragem por parcela. Demais atividades seguem a descrição contida no Estudo 1.

D) Respiração do solo

Utilizou-se a metodologia conforme descrição no Estudo 1.

Neste estudo, foram avaliados apenas os tratamentos com subtratamento adubação de reposição. Utilizou-se uma área de campo nativo como referência em área adjacente a área do experimento. Durante a avaliação a temperatura ambiente foi de 18°C.

E) Fracionamento da matéria orgânica

Utilizou-se a metodologia conforme descrição no Estudo 1.

F) Análise de Carbono e Nitrogênio

Utilizou-se a metodologia conforme descrição no Estudo 1.

G) Estabilidade de agregados

Utilizou-se a metodologia conforme descrição no Estudo 1.

H) Análise estatística

Os efeitos dos sistemas de manejo dos resíduos culturais e fontes de adubo foram submetidos à análise da variância e as diferenças entre médias avaliadas pelo teste Duncan ao nível de 5%.

3.3.4 – RESULTADOS

a) Respiração

Na figura 30 são apresentados os valores para respiração do solo nos diferentes sistemas de manejo dos resíduos no sistema de cultivo convencional (PC). Observa-se que não ocorreram variações significativas entre os tratamentos, mesmo com a retirada ou queima de todos os resíduos.

Comparado os tratamentos PC, com as referências (campo nativo e PD) (Figura 31), observa-se quantidade de CO₂ liberada pela média dos sistemas PC (PC, PC-R e PC-Q) foram inferiores em cerca de 45% aos 121,17 Kg CO₂ ha⁻¹ dia⁻¹ encontrados no campo nativo, e 12% em relação aos 75,32 Kg CO₂ ha⁻¹ dia⁻¹ encontrado no sistema PD. Ao serem observados os efeitos do tratamento plantio convencional com queima dos resíduos (PC-Q) e plantio convencional com retirada dos resíduos (PC-R), comparativamente ao PD, a intensidade da respiração reduz ainda mais, sendo em média 14,5 % menor (Figuras 30 e 31). Esta menor respiração encontrada nos sistemas PC, está relacionada a menor quantidade de resíduos remanescentes, os quais representam a principal fonte de energia aos microorganismos do solo.

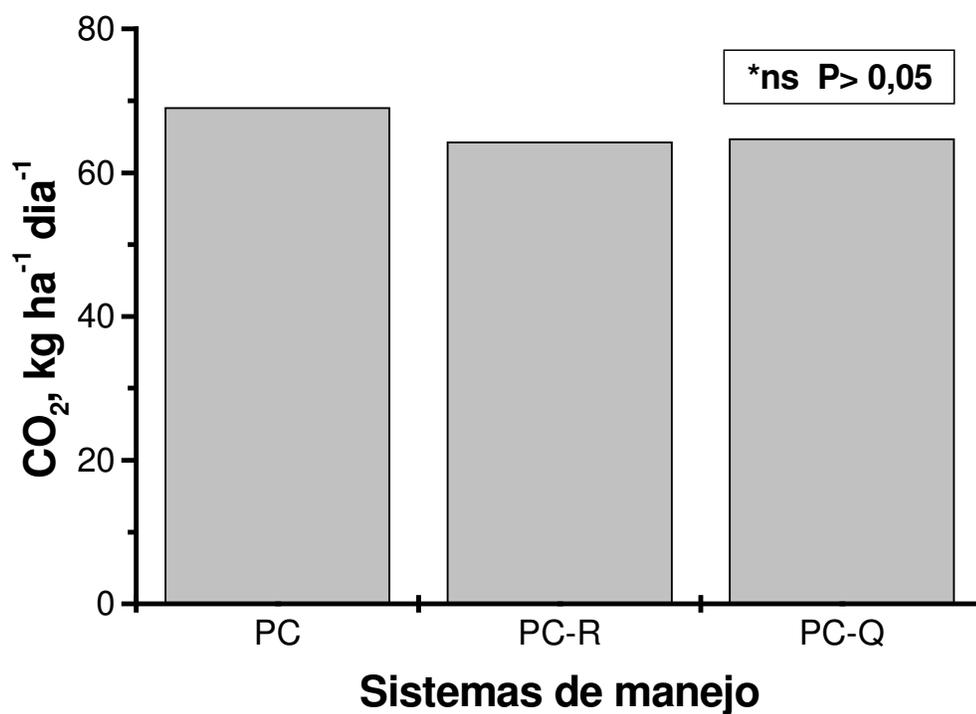


Figura 30. Respiração de um solo Nitossolo Vermelho Distrófico cultivado no sistema de cultivo convencional (PC) sob três diferentes formas de manejo dos resíduos culturais. Campos Novos, 2004.

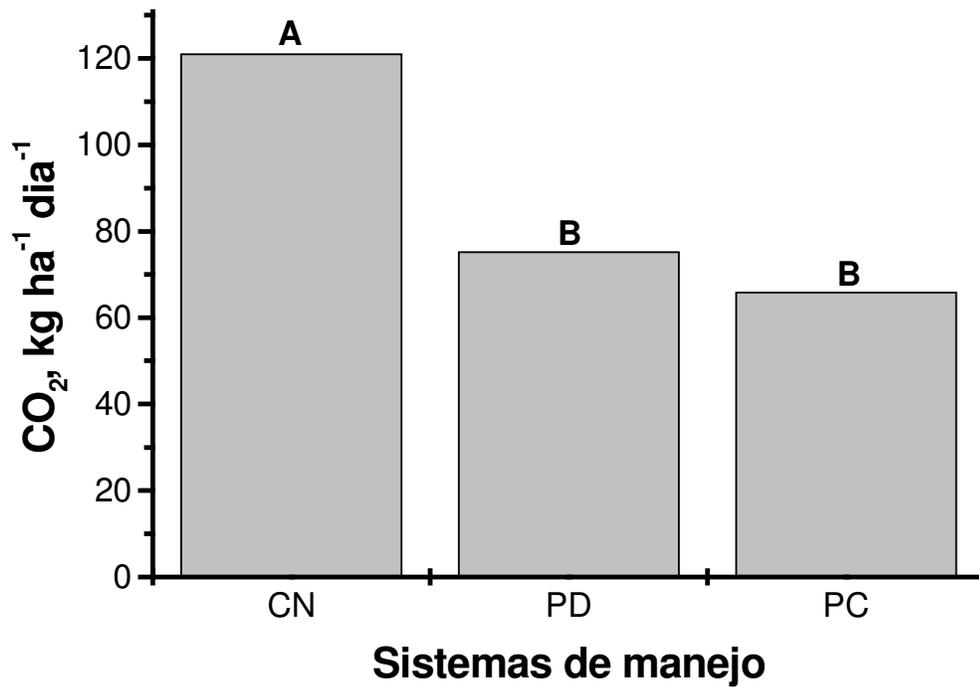


Figura 31. Respiração de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob três diferentes sistemas de cultivo (campo nativo - CN, plantio direto - PD e plantio convencional – PC). Campos Novos, 2004.

b) Carbono orgânico total e Nitrogênio total

Nas figuras 32 e 33 são apresentados os resultados para COT e NT ao longo do perfil para os diferentes tratamentos conduzidos no sistema de cultivo convencional. Observa-se que as maiores variações nos diferentes sistemas de manejo dos resíduos (PC, PC-R e PC-Q) ocorreram principalmente nos 5 cm superficiais (Figura 34 e 35), e nos tratamentos que não receberam adubação. Nesta camada, o tratamento PC-R na média das formas adubação apresentou 15,3% menos COT que o PC, que por sua vez apresentou 1,8% menos COT que o tratamento PC-Q. Quanto comparou-se as variações quanto ao conteúdo de NT, o PC-R apresentou 13,5% menos e o PC-Q 5,1% menos que o PC (1168 kg ha^{-1}), respectivamente. Estes valores estão refletindo o efeito da queima e retirada dos resíduos, onde, quando elimina-se por retirada não sobram materiais para serem mineralizados, e assim ocorre significativa redução nos conteúdos de COT e NT restando apenas contribuição radicular. Por outro lado, quando se utilizou a queima dos resíduos, observa-se na camada superficial bem como ao longo do perfil um acúmulo de COT que foi maior que o PC e PC-R, e ficando bem próximo aos $70,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ encontrados no PD na camada 0-30 cm (Tabela 8). Já, o comportamento do NT principalmente até os 10 cm de profundidade a queima dos resíduos apresentou comportamento semelhante ao encontrado no PC sem queima, porém os conteúdos foram bem inferiores aos encontrados no PD e CN.

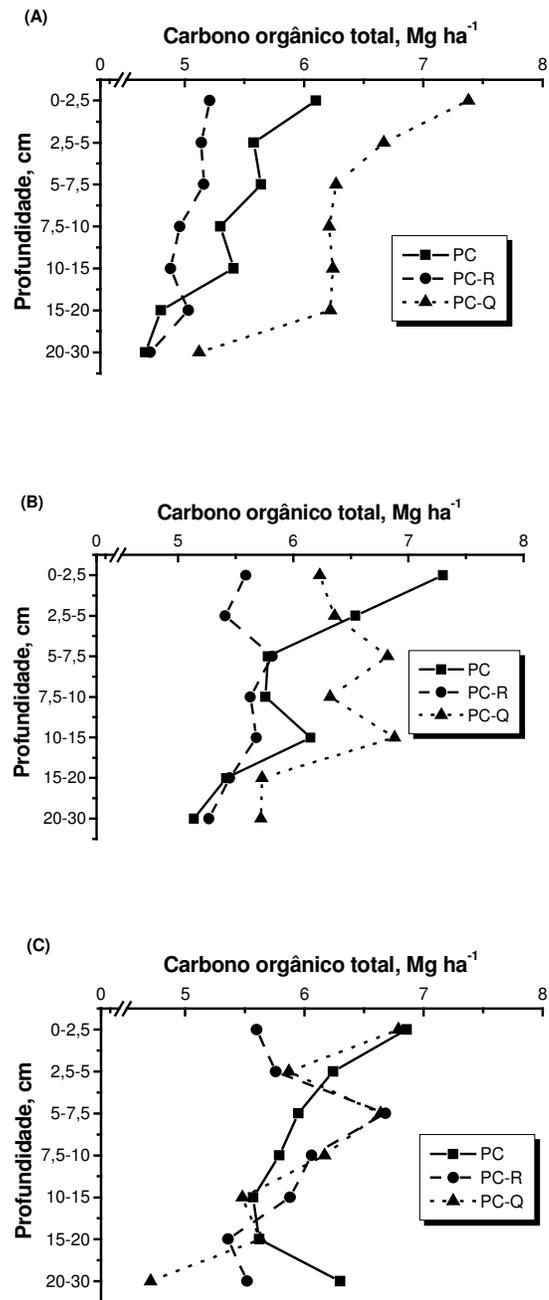


Figura 32. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.

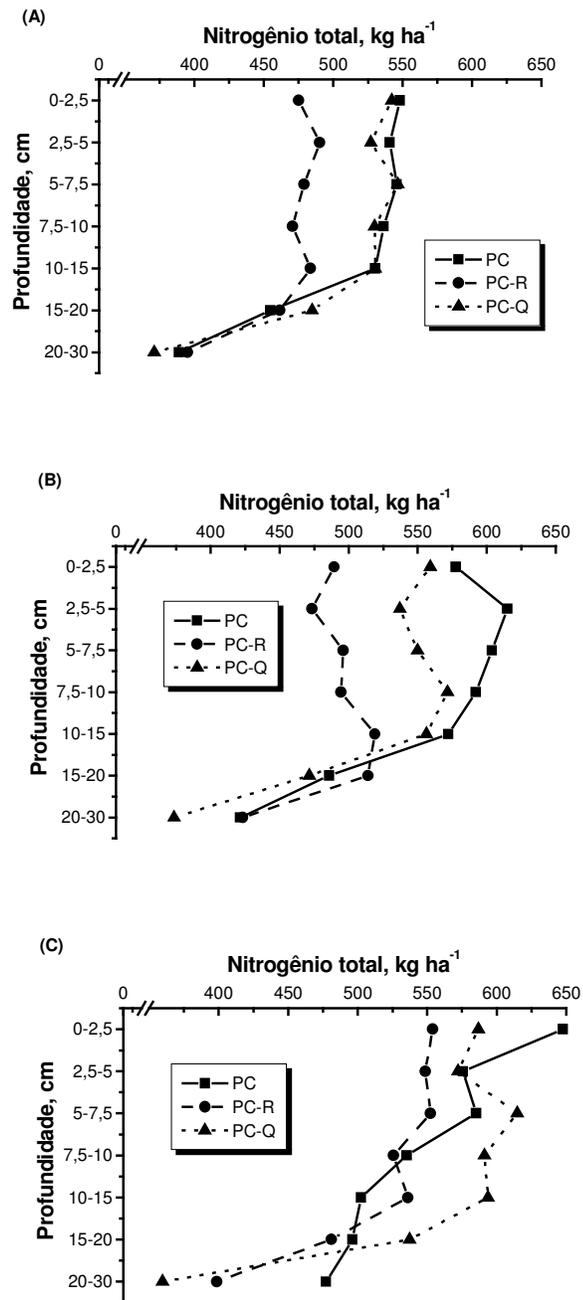


Figura 33. Conteúdo de nitrogênio total (NT) de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.

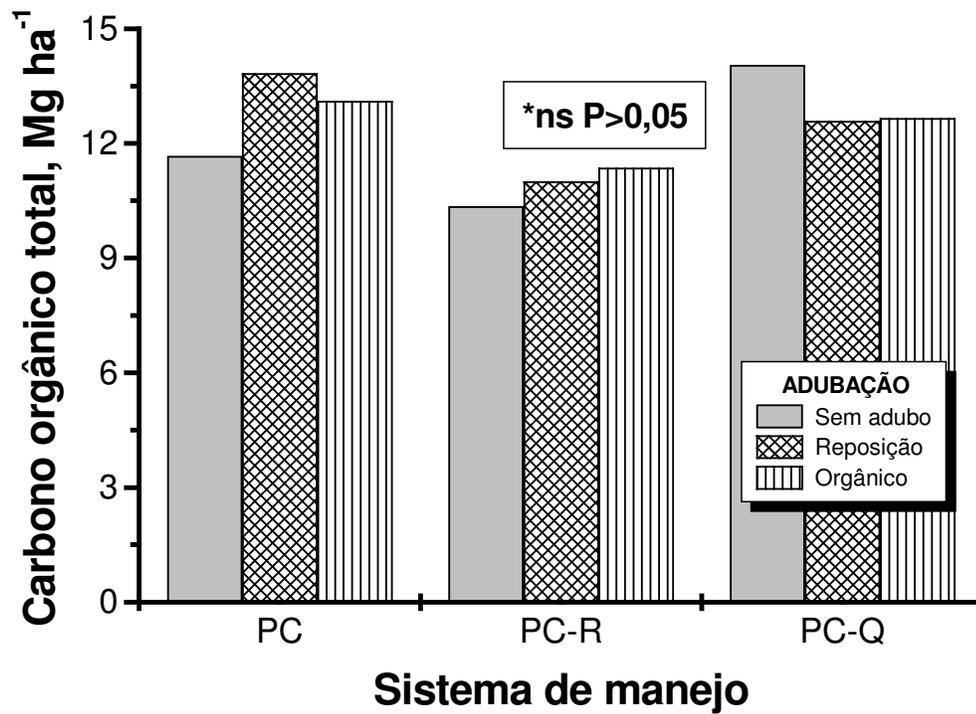


Figura 34. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) na camada 0-5 cm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais e adubação em plantio convencional. Campos Novos, 2004.

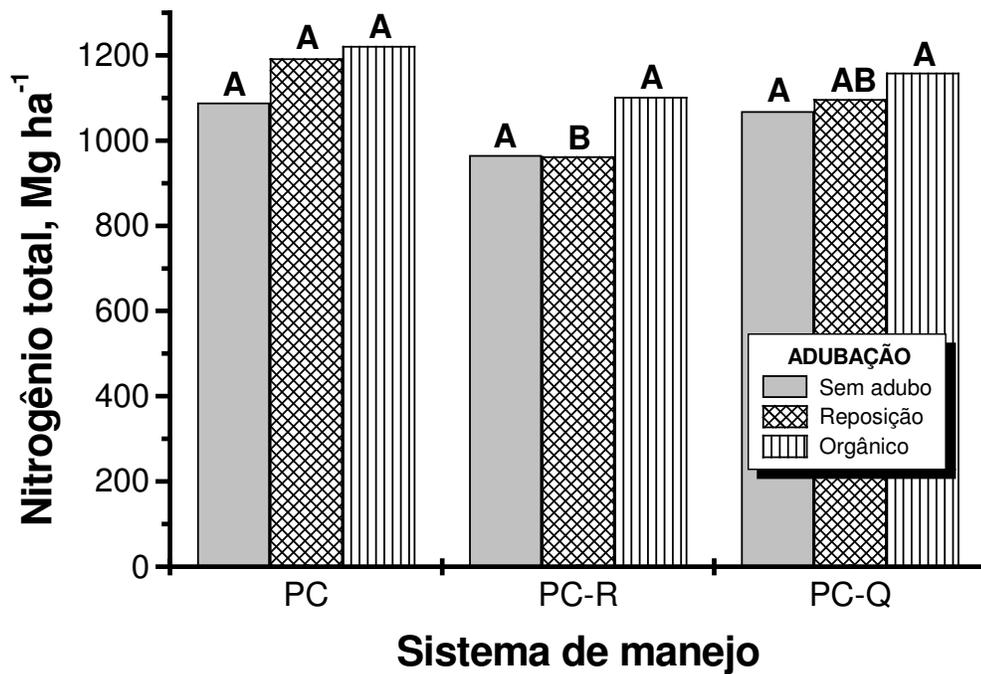


Figura 35. Conteúdo de nitrogênio total (NT) na camada 0-5 cm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais e adubação em plantio convencional. Campos Novos, 2004.

Este aumento do C e redução do N, reflete o efeito da queima, como prática de manejo dos restos culturais, ainda muito utilizada em inúmeras propriedades rurais de todo o Brasil e do mundo. Por outro lado, quando queima-se os resíduos, as análises convencionais para determinação do COT, quantificam todo o carbono (C), inclusive o C-carvão oriundo da queima dos resíduos, refletindo em conteúdo até superiores ao tratamento PC, pois grande parte do C fica em uma forma não disponível aos microorganismos e, conseqüentemente, não decompõe, apenas acumula-se no solo. Já para os conteúdos de NT, a queimada proporciona certa perda por volatilização de nitrogênio, justificando a menor quantidade no PC-Q, comparativamente ao PC.

No PD, a distribuição do conteúdo de COT e NT (Tabela 9, 10 e 11; Figura 32 e 33) foi maior, em relação aos demais tratamentos até a profundidade de 10 cm. Nesta camada, o PD apresentou 18% e 17% a mais de COT e NT, respectivamente, que a média dos demais tratamentos. Estes resultados refletem o tipo de sistema adotado no cultivo sem revolvimento do solo, onde os resíduos culturais permanecem acumulados na superfície com uma decomposição gradativa, tendo, como conseqüência, maior acúmulo de nutrientes. O aumento localizado de MO na camada superficial encontrado no plantio direto, é muito importante nos processos que ocorrem no solo, como aumento da disponibilidade de água, redução da amplitude térmica, e na alteração na dinâmica de nutrientes (Reicosky et al., 1995).

De maneira geral, os resultados de COT para PC, PD e PC-Q, assemelham-se aos conteúdos encontrados por Chan et al. (2002), onde após 19 anos de diferentes práticas de cultivo e manejo dos resíduos, encontraram que as maiores diferenças ocorreram em função do revolvimento do solo e não pela queima dos resíduos. Entretanto, os autores não ressaltam a possível contribuição do C-carvão gerado pela queima no incremento do COT. O carbono gerado pela combustão dos resíduos consiste de uma partícula grande de caráter inerte que os microorganismos não podem usa-la como fonte efetiva de energia, e assim não contribuindo para a atividade biológica do solo e formação de MO (Albrecht et al., 1995; Skjemstad et al., 1999).

Quando comparou-se a média dos tratamentos conduzidos no sistema de cultivo convencional sem adubo com o tratamento referência campo nativo (CN) na camada 0-30cm, a redução foi de 37,2% e 38,3% para COT e NT, respectivamente. Esta grande redução no COT e NT esta relacionada à intensidade da atividade antrópica, sendo que quanto mais intensa a remoção dos resíduos (PC-R e PC-Q), maiores as perdas. Já em relação ao plantio direto sem adubo, também comparando-se com o CN, a redução foi de apenas 0,1% para COT e 4,1% para NT, fato este já bem conhecido no meio científico, e comprovado no presente estudo, em que o sistema PD possui excelente capacidade de recuperação e ou manutenção dos conteúdos de COT e NT, comparativamente aos sistemas de cultivo com maior mobilização da camada superficial.

Tabela 9. Teores de carbono orgânico total em um Nitossolo Vermelho Distrófico sob plantio direto (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo. Campos Novos, 2004.

Prof.	PD	PD	PD	Campo
	s/ adubo	reposição	orgânico	Nativo
	----- Mg ha ⁻¹ -----			
0-2,5	7,47	7,09	9,92	12,87
2,5-5	6,96	5,42	6,96	7,90
5-7,5	7,03	5,24	7,01	6,08
7,5-10	6,76	5,14	6,26	5,96
10-15	12,42	10,21	10,15	9,99
15-20	11,42	11,13	10,70	9,75
20-30	18,27	20,27	21,26	21,84
Total	70,33	64,50	72,26	74,39

Tabela 10. Teores de nitrogênio total em um Nitossolo Vermelho Distrófico sob plantio direto (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo. Campos Novos, 2004.

Prof.	PD	PD	PD	Campo
	s/ adubo	reposição	orgânico	Nativo
	----- kg ha ⁻¹ -----			
0-2,5	709,31	782,11	906,72	1040,49
2,5-5	603,57	622,15	783,58	688,16
5-7,5	626,54	607,88	693,81	559,25
7,5-10	571,28	568,59	615,58	540,73
10-15	1073,28	1020,33	1012,27	947,89
15-20	1061,04	1050,59	983,96	1057,13
20-30	1700,19	1618,44	1823,31	2018,42
Total	6345,21	6270,09	6819,23	6852,07

Tabela 11. Relação C/N em um Nitossolo Vermelho Distrófico sob plantio direto (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo. Campos Novos, 2004.

Prof.	PD	PD	PD	Campo
	s/ adubo	reposição	orgânico	Nativo
	----- kg ha ⁻¹ -----			
0-2,5	11	9	11	12
2,5-5	12	9	9	11
5-7,5	11	9	10	11
7,5-10	12	9	10	11
10-15	12	10	10	11
15-20	11	11	11	9
20-30	11	13	12	11
Total	11	10	11	11

c) Fracionamento da MO

A MO associada às frações do solo encontra-se demonstrada nas figuras 36, 37, 38 e 38. Observa-se que entre os diferentes sistemas de manejo dos resíduos nos tratamentos conduzidos no sistema de cultivo convencional, ocorreram diferenças significativas entre médias de tratamento. As maiores diferenças encontradas na fração maior que 53 μm , tanto para COT como para NT, concentraram-se na camada 0-2,5 cm, onde o tratamento PC-R apresentou redução de 18,2 e 3,7% e o PC-Q 16,5 e 4,6 % nos conteúdos de COT e NT, respectivamente, em relação ao tratamento PC.

Outra importante constatação ocorreu na fração menor que 53 μm , onde o efeito de tratamento ficou evidente em toda a camada avaliada (Figuras 37 e 39). A redução média no conteúdo de COT e NT dos tratamentos PC-R e PC-Q foram de 16,4 e 13,2%, e de 13,0 e 5,1% comparativamente ao tratamento PC. Apesar desta fração possuir maior capacidade de proteger a MO, devido a características intrínsecas de um solo com cargas variáveis rico em óxidos de ferro e alumínio, estabilizando a matéria orgânica em pequenas partículas de grande área superficial específica, ocorreram perdas, que afetaram significativamente na quantidade de COT e NT.

Na fração maior que 53 μm na média dos diferentes sistemas de cultivo com culturas anuais, a redução quanto aos teores de COT e NT foi de 67% e 57%, respectivamente comparativamente à área de CN (Tabelas 12 e 13), contra uma redução de apenas 15 e 13% na fração menor que 53 μm . Esta maior variação na fração areia em relação à fração associada ao silte e argila, esta relacionada ao grau de proteção da MO, onde quando associada à argila irá fazer parte da estrutura e dos colóides do solo sendo menos afetada pelas práticas de manejo do solo.

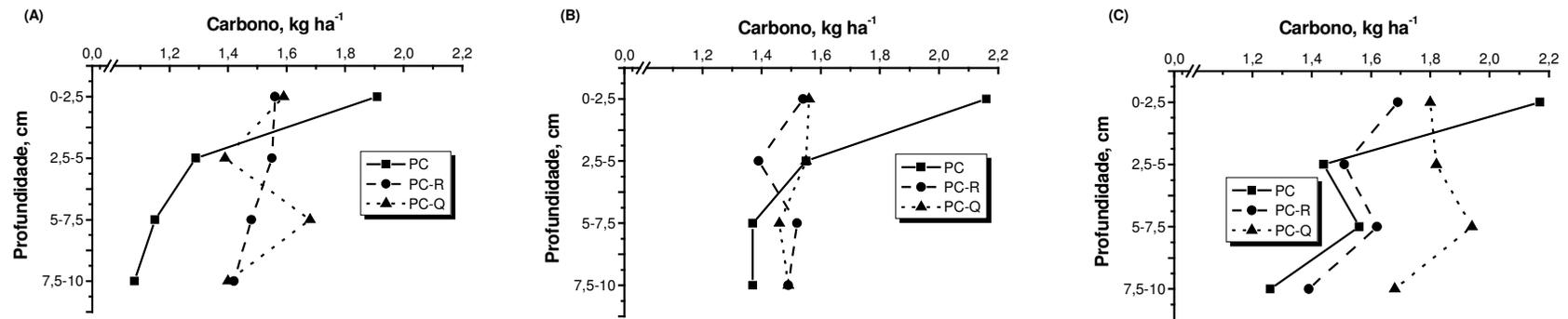


Figura 36. Conteúdo de carbono na fração maior que 53 μm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional, sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.

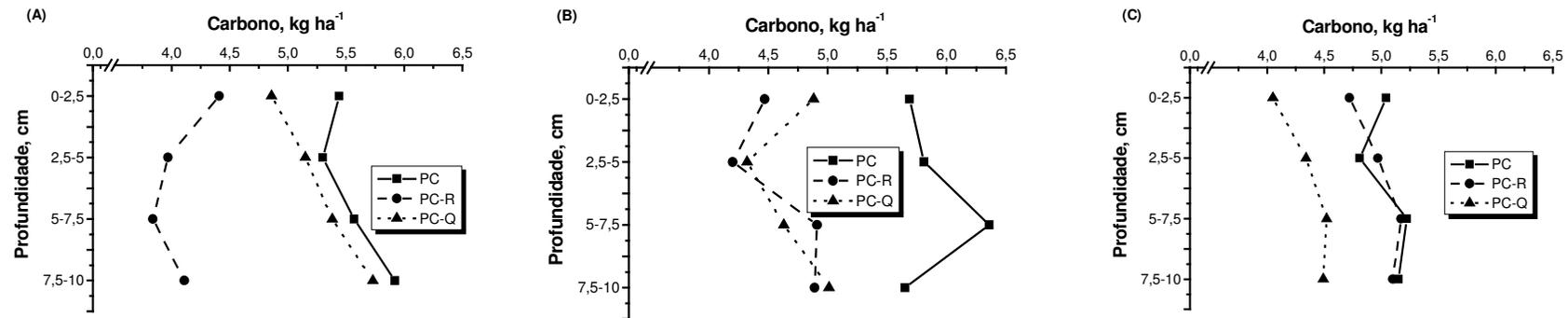


Figura 37. Conteúdo de carbono na fração menor que 53 μm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional, sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.

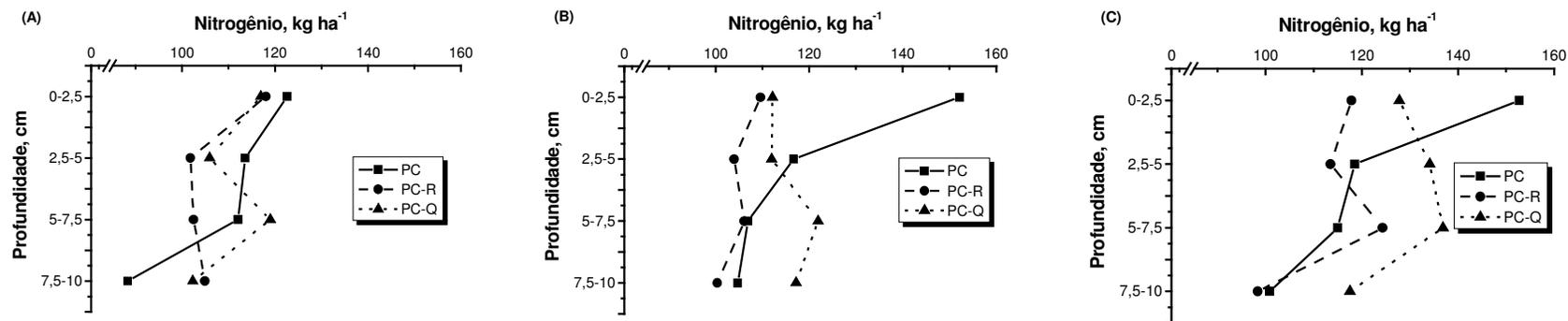


Figura 38. Conteúdo de nitrogênio na fração maior que 53 μm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional, sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.

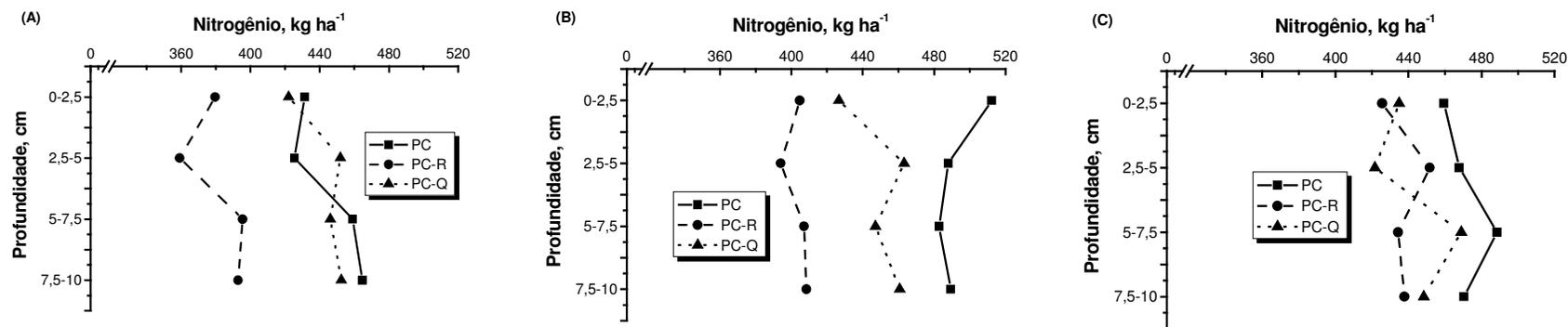


Figura 39. Conteúdo de nitrogênio na fração menor que 53 μm de um Nitossolo Vermelho Distrófico sob diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais em plantio convencional, sem adubação (A), com adubação de manutenção (B) e com adubação orgânica (C). Campos Novos, 2004.

Tabela 12. Conteúdo de Carbono nas frações maior e menor que 53µm nos sistema de cultivo referências sob plantio direto com diferentes formas de adubação (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.

Prof.	Frações	PD sem adubo		PD reposição		PD orgânico		Campo Nativo	
		C Mg ha ⁻¹	%C total						
0-2,5	>53µm	2,20	28,4	2,90	31,6	3,95	43,4	8,02	55,95
	<53µm	5,57	71,6	6,27	68,4	5,15	56,6	6,31	44,05
	Recuperação	104,0		129,3		91,7		111,4	
2,5-5	>53µm	1,52	20,6	1,80	23,4	2,51	33,0	3,33	38,20
	<53µm	5,86	79,4	5,90	76,6	5,08	67,0	5,38	61,80
	Recuperação	106,1		142,0		109,0		110,3	
5-7,5	>53µm	1,44	19,4	1,22	16,0	2,07	25,8	2,04	30,91
	<53µm	5,98	80,6	6,37	84,0	5,95	74,2	4,56	69,09
	Recuperação	105,5		144,7		114,4		108,5	
7,5-10	>53µm	1,30	18,2	1,21	17,1	1,34	18,5	1,85	30,29
	<53µm	5,87	81,8	5,87	82,9	5,90	81,5	4,26	69,71
	Recuperação	106,2		137,8		115,7		102,5	

Tabela 13. Conteúdo de nitrogênio nas frações maior e menor que 53 μ m nos sistema de cultivo referências sob plantio direto com diferentes formas de adubação (sem adubo, reposição e orgânico) e campo nativo, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.

Prof.	Frações	PD sem adubo		PD reposição		PD orgânico		Campo Nativo	
		C Mg ha ⁻¹	%C total						
0-2,5	>53 μ m	218,2	31,2	247,1	32,2	417,6	42,9	465,3	46,2
	<53 μ m	480,1	68,8	520,9	67,8	556,5	57,1	541,2	53,8
	Recuperação	98,4		98,2		107,4		96,7	
2,5-5	>53 μ m	122,0	21,1	125,1	20,9	196,7	27,2	198,8	29,0
	<53 μ m	455,2	78,9	474,2	79,1	526,9	72,8	487,6	71,0
	Recuperação	95,6		96,3		92,3		99,7	
5-7,5	>53 μ m	110,9	18,4	99,0	17,2	181,6	25,0	122,3	21,6
	<53 μ m	492,1	81,6	477,4	82,8	546,1	75,0	442,4	78,4
	Recuperação	96,2		94,8		104,9		101,0	
7,5-10	>53 μ m	79,8	14,4	100,1	17,1	114,1	18,1	114,9	22,0
	<53 μ m	475,1	85,6	484,6	82,9	517,3	81,9	407,9	78,0
	Recuperação	97,1		102,8		102,6		96,7	

Na fração maior que 53 μm observou-se que entre os diferentes sistemas de preparo do solo, na camada 0-5 cm ocorreu uma redução média de 32,5, 40,7 e 41,3% no teor de COT e de 41,5, 49,9 e 49,7% no teor de NT, respectivamente para PC, PC-R e PC-Q em relação ao PD (Figura 36 e 38, Tabelas 12 e 13). As diferenças, novamente estão refletindo o efeito de práticas que promovem intensa mobilização do solo, onde o COT e o NT são perdidos pelo aumento na oxidação da MO, por erosão e pela remoção dos resíduos (manual ou queima). Neste último caso, permanecendo no local apenas o efeito das raízes e no caso do tratamento com queima, carvão.

Mesmo na fração menor que 53 μm , onde os efeitos dos sistemas de manejo são mais difíceis de aparecer, o tratamento com retirada dos resíduos na média das adubações apresentou uma redução cerca de 21,8% no COT e 19,9% no NT, comparativamente, ao PD na camada 0-5 cm. Também, evidenciando o efeito que sistemas de manejo dos resíduos e cultivo do solo possuem na qualidade do solo.

d) Agregação

A percentagem de agregados estáveis em água nas diferentes classes e o DMG (Diâmetro médio geométrico) na média das profundidades, para os tratamentos conduzidos no sistema de cultivo convencional, encontram-se nas figuras 40, 41, 42 e 43. Como pode ser observado, ocorreu pequena variação principalmente até a classe 1,0-0,21 mm. Esta reduzida diferença, está relacionada ao efeito de cultivo, onde quanto mais intensas as práticas, maior a tendência de ocorrerem agregados nas classes menores, devido à quebra de agregados maiores.

O diâmetro médio geométrico (DMG), apresentou variação, como pode ser observado na figura 43. As diferenças entre tratamentos seguiu a ordem $PC > PC-Q > PC-R$, mesmo nas diferentes formas de adubação. No tratamento com retirada dos resíduos da superfície, mesmo nas diferentes formas de adubação, o DMG foi praticamente igual, ficando em torno de 1,6 mm, refletindo o efeito negativo da retirada dos resíduos que é a principal fonte de C ao solo e conseqüentemente agregação.

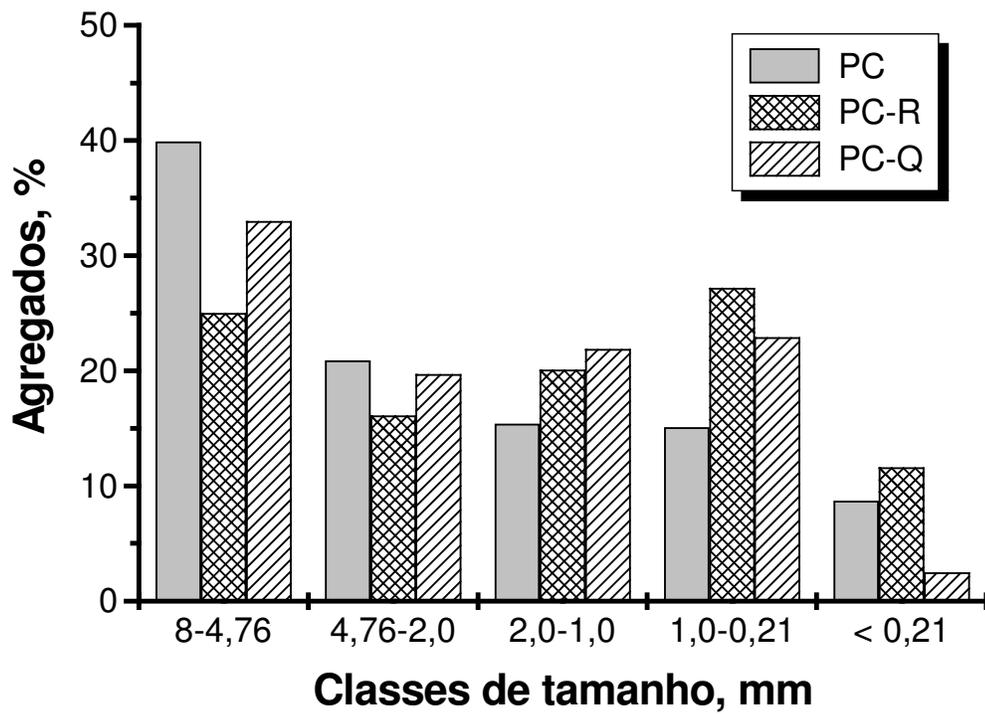


Figura 40. Classes de agregados sob três formas de manejo dos resíduos no sistema de cultivo convencional sem adubação, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.

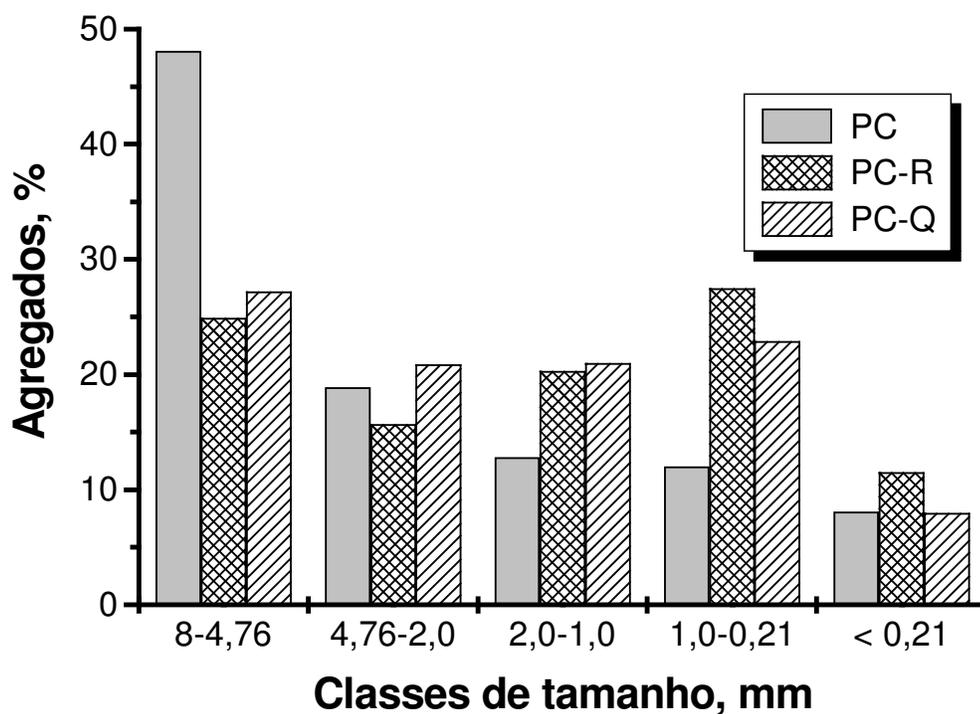


Figura 41. Classes de agregados sob três formas de manejo dos resíduos no sistema de cultivo convencional com adubação de reposição, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.

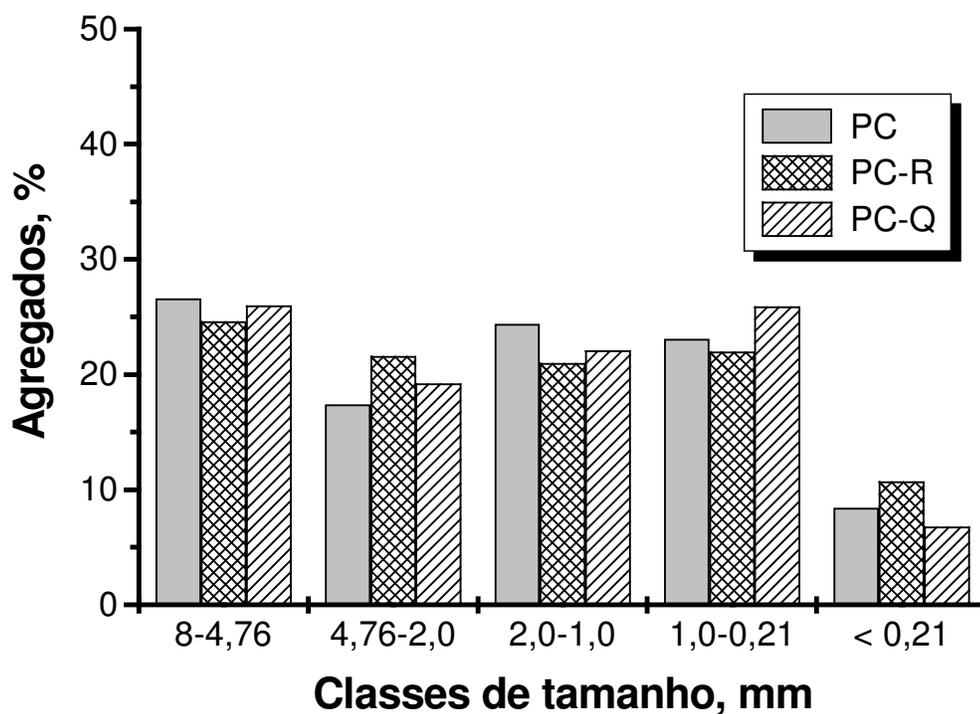


Figura 42. Classes de agregados sob três formas de manejo dos resíduos no sistema de cultivo convencional com adubação orgânica, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.

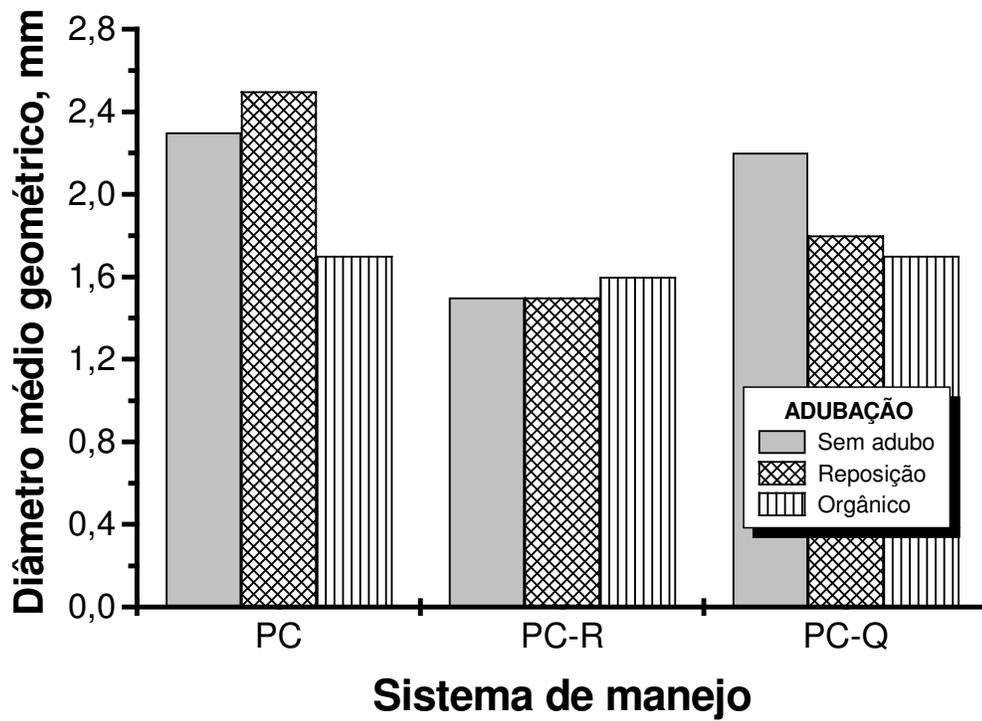


Figura 43. Diâmetro médio geométrico de agregados sob três formas de manejo dos resíduos no sistema de cultivo convencional, em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.

Entre os diferentes sistemas de cultivo (PC, PD e CN) observa-se (Figura 44) nitidamente a importância da redução do revolvimento do solo e conseqüentemente manutenção da agregação. O CN sistema estável sem revolvimento possui aproximadamente 70% dos agregados na classe 8,00-4,76, seguido pelo PD e PC, que resultou em um DMG próximo a 4 mm (Figura 45). A pior estrutura do solo sob PC, pode ser observada através do aumento da percentagem de agregados em todas as classes de menor diâmetro, resultado direto da intensidade do revolvimento.

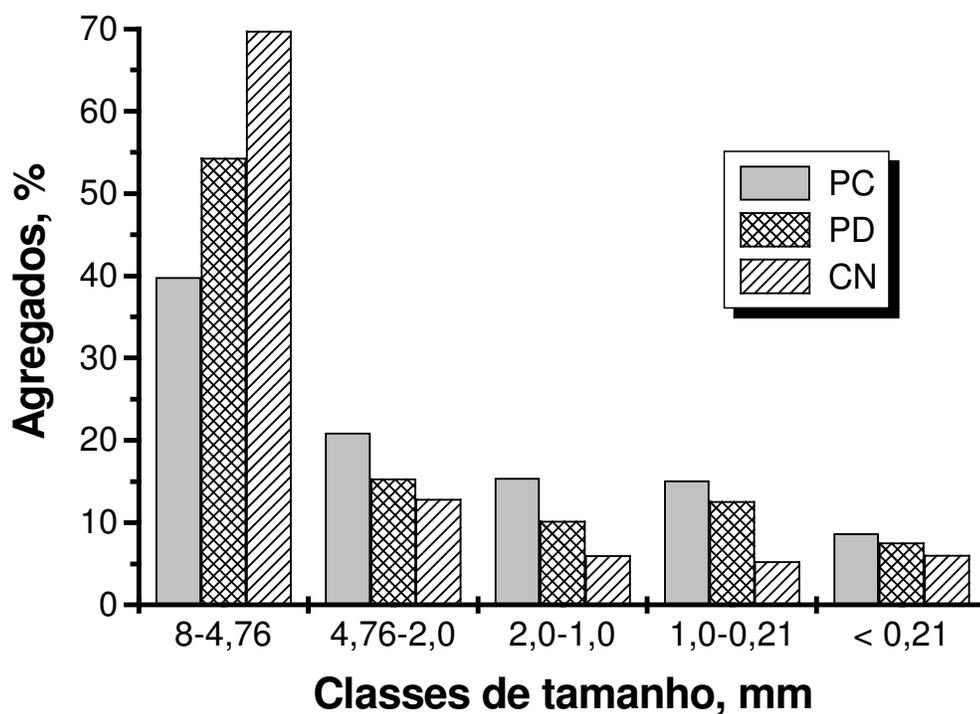


Figura 44. Classes de agregados, sob preparo convencional sem adubação (PC), plantio direto sem adubação (PD) e campo nativo (CN), em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.

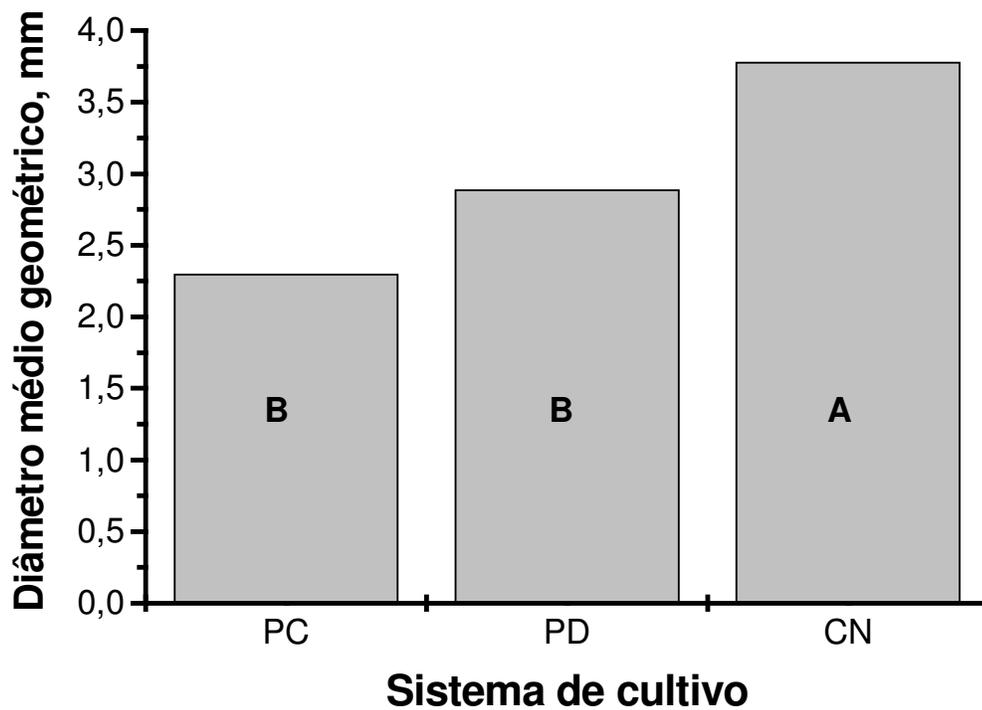


Figura 45. Diâmetro médio geométrico de agregados, sob preparo convencional (PC), plantio direto (PD) e campo nativo (CN), em Nitossolo Vermelho Distrófico. Campos Novos, 2004.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que nas áreas de campo nativo o fogo reduziu os estoques de carbono e nitrogênio do solo. Este efeito foi pronunciado inclusive na fração da matéria orgânica associada à argila, onde na maioria dos estudos os efeitos são difíceis de serem percebidos, pela grande capacidade da argila proteger a matéria orgânica.

No estudo realizado em Campos Novos com diferentes sistemas de manejo dos resíduos culturais, a associação do cultivo convencional com retirada dos resíduos provocou na média das fontes de adubação os menores conteúdos para carbono e nitrogênio totais do solo. Ao serem observados isoladamente os efeitos das fontes de adubação (não utilização e reposição), os efeitos da queima ficaram muito claros, ou seja, conteúdos de carbono ao longo do perfil do solo praticamente iguais ou superiores aos encontrados no plantio direto, resultado da contribuição considerável de C na forma de carvão.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, S.L.; RASMUSSEN, P.E.; SKIRVIN, K.W. *et alii*. Is burning an effective management practice for the Pacific Northwest cereal region? In: Albrecht S.L. (editores) **Columbia Basin agricultural research annual report**. 1995. p. 105-109. (Special report 946)

ALVAREZ, R. & ALVAREZ, C.R. Soil organic matter pools and their associations with carbon mineralization kinetics. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 64:184-189, 2000.

AMADO, T.J.C; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. *et alii*. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:189-197, 2001.

ANDERSON, D.W.; SAGGAR, S.; BERTTANY, J.R.; *et alii*. Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter: I. The nature and distribution of forms of carbon, nitrogen, and sulfur. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 45:767-772, 1981.

ANDERSON, J.M. The effects of climate change on decomposition processes in grassland and coniferous forests. **Ecol. Appl.** 1:326-347. 1991

BACIC, I.L.Z.; PANICHI, J. de A. V. ; NETO, J.A.L. Aspectos gerais dos solos. In: Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**. 2^a ed. revis. Atual. E ampl. Florianópolis: Epagri, 1994. 384p. p. 29-

- BATJES, N.H. & SOMBROEK, W.G. Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. **Global Change Biology**, 3:161-173, 1997.
- BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica no solo em diferentes sistemas de manejo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado)
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.de O. (editores) **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999, p. 9-26.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. *et alii*. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 65:1473-1478, 2001.
- BEARE, M.H.; CABRERA, M.L.; HENDRIX, P.F. *et alii*. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional-and no-tillage soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58:787-795, 1994.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30)
- CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 56:777-783, 1992.

- CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOT, E.T. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58:123-130, 1994.
- CAMPBELL, R.E., BAKER, M.B. JR., FFOLLIOTT, P.F., *et alii*. **Wildfire effects on a ponderosa pine ecosystem: an Arizona case study**. USDA For. Serv. Res. 1977. 12p.
- CAMPBELL, R.S. **Use of fire in grassland management**. FAO: Maracay, Venezuela, 1960.
- CARTER, M.R.; SKJEMSTAD, J.O. & MACEWAN, R.J. Comparison of structural stability, carbon fractions and chemistry of krasnozem soils from adjacent forest and pasture areas in south-western Victoria. **Aust. J. Soil Res.**, 40:283–298, 2002.
- CHAN, K.Y.; HEENAN, D.P. & OATES, A. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. **Soil Til. Res.**, 63:133-139, 2002.
- CHANDLER, C.; CHENEY, P.; THOMAS, P.; *et alii*. **Fire in Forestry**. I-Forest Fire Behavior and Effects. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1983
- CONCEIÇÃO, P.C. **Indicadores de qualidade do solo visando a avaliação de sistemas de manejo do solo**. Santa Maria: UFSM, 2002. 125p.
- COVINGTON, W.W. & SACKETT, S.S. Soil mineral nitrogen changes following prescribed burning in ponderosa pine. **For. Ecol. Manage**, 54:175-191, 1992.

- CRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. **Advances in Soil Science**, 20:1-90, 1992.
- CRISTENSEN, N.L. & MULLER, C.H. Effects of fire factors controlling plant growth in *Adenostoma chaparral*. **Ecol. Monogr**, 45:29-55, 1975.
- DEBANO, L.F.; NEARY, D.G. & FFOLLIOTT, P.F.. **Fire Effects in Ecosystems**. John Wiley & Sons, New York. 1998
- DEBANO, L.F. The effects of fire on soil properties. In: HARVEY, A. eds. **Proceedings – management and productivity of western – montane forest soils**. USDA Forest Service. 1991. p. 151-156.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-35.
- DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Palestras...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 1 CD-ROM.
- Dunn, P.H.; DeBano, L.F.; Fire's effect on biological and chemical properties of chaparral soils. In: Mooney, H.A.; Conrad, C.E. (Technical Coordinators). **Proceedings of a Symposium on Environmental Conservation: Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems**. D.C. USDA For. Serv. 1977 p.75-84.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.

Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

FOSTER, W. T.; HUBERT, G. A.; CAYFORD, J., *et alii*. Symposium on prescribed burning. **Pulp. Pap. Mag. Can., Woodl.** 1967, p. 163-178.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; *et alii*. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Can. J. Soil Sci.** 74:367-385, 1994.

GREGORICH, E.G.; ELLERT, B.H.; DRURY, C.F.; *et alii*. Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue carbon storage. **S. Sci. Soc. of Am. J.**, 60:472-476, 1996.

HASSINK, J. Decomposition rate constants of size and density fractions of soil organic matter. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 59:1631-1635, 1995.

HASSINK, J. & WHITMORE, A.P. A model of the physical protection of organic matter in soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 61:131-139, 1997.

HERINGER, I. & JACQUES, A.V.A. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. **Pesq. Agrop. Bras.**, 37:399-406, 2002.

HERINGER, I. **Efeito do fogo por longo período e de alternativas de manejo sobre o solo e a vegetação de uma pastagem natural**. Porto Alegre:UFRGS, 2000. 208p. (Tese de doutorado)

HUNGERFORD, R.; HARRINGTON, M.; FRANDBSEN, W.; *et alii*. Influence of fire on factors that affect site productivity. In. HARVEY, A. eds.

- Proceedings – management and productivity of western – montane forest soils.** USDA Forest Service. 1991. p. 32-50.
- JACQUES, A. V. A. A queima das pastagens naturais – Efeitos sobre o solo e a vegetação. **Revista Ciência Rural**, 33:177-181, 2003.
- KAYLL, A.J. Use of fire in land management. In. KOLZLOWSKI, T.T. e AHLGREN, C.E. **Fire and ecosystems.** Academic Press, 1974. p. 483-511.
- KLOPATEK, J.M.; KLOPATEK, C.C. & DEBANO, L.F. Potential variation of nitrogen transformations in pinyon-juniper ecosystems resulting from burning. **Bio. Fert. Soil**, 10:35-44, 1990.
- KOLZLOWSKI, T.T. & AHLGREN, C.E. **Fire and ecosystems.** Academic Press, 1974. 542 p.
- KUNST, C. Efectos del fuego sobre el suelo. In. **Introducción a la ecología de fuego y manejo de fuego prescrito.** INTA EEA: Santiago del Estero, 1996. p.17-28
- LAL, R. Global soil erosion by water and C dynamics. In. LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. et al. **Soils and global change.** Boca Raton. 1995. p.131-142.
- LAL, R. Land use and soil management effects on soil organic matter dynamics on alfisols in Western Nigeria. In. LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F. & STEWART, B.A. **Soil processes and the carbon cycle.** Advances in soil Science, 1996. p.109-126.

- LAL, R. & LOGAN, T.J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In. LAL, R.; KIMBLE, J.M.; LEVINE, E. **Soil management and greenhouse effect**. Boca Raton. 1995. p.293-307.
- LOVATO, T. **Dinâmica do carbono e do nitrogênio** do solo afetada por preparos do solo, sistemas de cultura e adubo nitrogenado. 2001. 132 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- MIELNICZUCK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In. SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A. de O.(editores) **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Genesis, 1999, p. 1-8.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 46p.
- NEARY, D.G.; KLOPATEK, C.C.; DEBANO, L.F.; *et alii*. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. **For. Eco. Manag.**, 122:51-71, 1999.
- NELSON, E.W. & SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In. Page, A.L (eds) **Methods of soil analysis**. Part 2. 2nd ed. ASA/SSSA, 1982. p. 539-579.
- OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant and Soil**,76:319-337, 1984.

- OADES, J.M. & TURCHENEK, L.W. Accretion of organic carbon, nitrogen and phosphorus in sand silt fractions of a red-brown earth under pasture. **Aust. J. Soil Res.**, 16:351-354, 1978.
- PASE, C.P. & LINDENMUTH A.W. Effects of prescribed fire on vegetation and sediment in oak-mountain mahogany chaparral. **J. For.**, 69:800-805. 1971
- PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996. 340p.
- PONTELLI, C.B.; AMADO, T.J.C.; QUADROS, F.L.F.; JUNIOR, G.G. Influencia do pastoreio e da queima no estoque de carbono orgânico total de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico. In. FERTIBIO 2000, Santa Maria, **CD-ROOM...**, Santa Maria, 2000.
- POSS, R. **Transferts de l'eau et des éléments chimiques dans les terres de barre du Togo**. Thèse Univ. Paris VI. Editions ORSTOM, 1991. 355 p.
- POWERS, R.F.; ALBAN, D.H.; MILLER, R.E.; *et alii*. Sustaining site productivity in North American forests: problems and prospects. In: GESSEL, S.A., LACATE, D.S., WEETMAN, G.F., POWERS, R.F. (eds.), **Sustained Productivity of Forest Soils**, Proceedings of the 7th North Am. For. Soils Conf., Vancouver, B.C., July 1988, Univ. of British Columbia, Vancouver, 1990. p. 49-79.
- RAISON, R.J. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review. **Plant Soil**, 51:73-108, 1979.

- REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil Til. Res.**, 43:131-167, 1997.
- REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDALE, G.W.; *et alii*. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. **J. Soil and Water Conserv.**, 50:253-261, 1995.
- ROBERT, M. Aluminum toxicity a major stress for microbes in the environment. *In* Huang, P.M. *et alii*. **Environmental Impacts**. Vol. 2, Soil component interactions. CRC press, 1996 p. 227-242.
- ROBERT, M. & CHENU, C. Interactions between soil minerals and microorganisms. *In*. STOTZKY, G., BOLLAG, J. M. **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1992. p. 307-404.
- RUNDEL, P.W. Impact of fire on nutrient cycles in Mediterranean-type ecosystems with reference to chaparral. *In*: KRUGER, F.J.; MITCHELL, D.T.; JARVIS, J.U.M. (eds.) **Mediterranean-type ecosystems: The Role of Nutrients**. New York, 1983. p. 192-2207.
- SANCHEZ, P.A. & SALINAS, I.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Adv. Agron.** 34:279-406. 1982.
- SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry and analysis of global change**. Academic press, San Diego, 1991.
- SCHNITZER, M. Soil organic matter – the next 75 years. **Soil Science**, 151: 41-58, 1991.

- SKJEMSTAD, J.O.; CLARKE, P.; TAYLOR, J.A.; *et alii*. The chemistry and nature of protected carbon in soil. ***Australian Journal of Soil Research***, 34:251–271. 1996.
- SKJEMSTAD, J.O.; REICOSKY, D.C.; WILTS, A.R. *et alii*. Charcoal carbon in U.S. agricultural soils. ***Soil Sci. Soc. Am. J.***, 66:1249-1255, 2002.
- SKJEMSTAD, J.O.; TAYLOR, J.A. & SMERNIK, R.J. Estimation of charcoal (char) in soils. ***Commun. Soil Sci. Plant Anal.*** 30:2283-2298, 1999.
- SKJEMSTAD, J.O. & TAYLOR, J.A. Does the Walkley-Black method determine soil charcoal? ***Commun. Soil Sci. Plant Anal.***, 30:2299–2310, 1999.
- SMERNIK, R.J.; SKJEMSTAD, J.O. & OADES, J.M. Virtual fractionation of charcoal from soil organic matter using solid state ¹³C NMR spectral editing. ***Aust. J. Soil Res.***, 38:665-683, 2000.
- STEVENSON, F.J. & ELLIOTT, E.T. Methodologies for accessing the quantity and quality of soil organic matter. In. COLEMAN, D. C. *et al.* ***Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems***. Univ. Hawaii Press, 1989. p. 173-242.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; *et alii*. ***Análises de solo, plantas e outros materiais***. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TIESSEN, H. & STEWART, J.W.B. Particle-size fractions and their use in studies of soil organic matter: II. Cultivation effects on organic matter composition in size fractions. ***Soil Sci. Soc. Am. J.***, 47:509-514, 1983.

- TISDALL, J.M.; & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, 33:141-163, 1982.
- TISDALL, J.M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. **Plant and Soil**, 159:115-121, 1994.
- VEIGA, M.da; PANDOLFO, C.M. & WILDNER, L. do P. Sistemas de manejo de resíduos de colheita associados à aplicação de fontes de nutrientes: I. Alterações em algumas características químicas do solo. In. IV Encontro Latino-Americano sobre Plantio direto na Pequena Propriedade, **Anais...** Erechim:Embrapa, 2000. p.287-293.
- VEZZANI, F. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- VIRO, P.J. Effects of Forest fire on soil. In. KOLZLOWSKI, T.T. & AHLGREN, C.E. **Fire and ecosystems**. Academic Press, 1974. p. 7-46.
- WEAST, R.C. **Handbook of Chemistry and Physics**. CRC Press, Boca Raton, FL. 1988.
- WRIGHT, H. A. & BAILEY, A. W. **Fire ecology**. John Willey & Sons. 1982

Apêndice 1. Respiração do solo sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo e mata, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004

Sistema de manejo	Repetição	CO ²
		----- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -----
SQSR	1	122,23
SQSR	2	150,53
SQSR	3	156,18
SQR	1	144,30
SQR	2	185,61
SQR	3	144,87
CNM11	1	153,92
CNM11	2	136,38
CNM11	3	134,11
CNM28	1	175,42
CNM28	2	144,87
CNM28	3	200,89
QUEIMA	1	95,07
QUEIMA	2	133,55
QUEIMA	3	65,08
MATA	1	141,47
MATA	2	116,57
MATA	3	92,24

Apêndice 2. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), de um Latossolo Vermelho Distroférico em diferentes sistemas de manejo de campo nativo. André da Rocha, 2004

Sist. manejo	Repetição	Prof. --- cm ---	Carbono --- Mg ha ⁻¹ ---	Nitrogênio --- kg ha ⁻¹ ---
SQSR	1	0-2,5	14,22	1123,33
SQSR	1	2,5-5,0	10,40	780,33
SQSR	1	5,0-7,5	8,45	678,78
SQSR	1	7,5-10	8,11	811,42
SQSR	1	10,0-15,0	13,95	1308,44
SQSR	1	15,0-20,0	11,93	1140,18
SQSR	1	20,0-30,0	24,78	2021,82
SQSR	2	0-2,5	10,51	935,85
SQSR	2	2,5-5,0	8,29	710,59
SQSR	2	5,0-7,5	8,43	694,54
SQSR	2	7,5-10	7,03	680,72
SQSR	2	10,0-15,0	13,80	1209,24
SQSR	2	15,0-20,0	10,86	1107,78
SQSR	2	20,0-30,0	21,06	1921,70
SQSR	3	0-2,5	14,39	951,32
SQSR	3	2,5-5,0	7,29	798,48
SQSR	3	5,0-7,5	8,58	765,74
SQSR	3	7,5-10	7,39	713,97
SQSR	3	10,0-15,0	12,27	1293,99
SQSR	3	15,0-20,0	12,78	1165,15
SQSR	3	20,0-30,0	23,60	2117,60
SQSR	4	0-2,5	10,30	928,02
SQSR	4	2,5-5,0	8,43	834,54
SQSR	4	5,0-7,5	8,24	757,79
SQSR	4	7,5-10	7,70	679,77
SQSR	4	10,0-15,0	11,41	1167,95
SQSR	4	15,0-20,0	11,39	1065,28
SQSR	4	20,0-30,0	20,65	1873,25
SQR	1	0-2,5	13,00	1151,55
SQR	1	2,5-5,0	8,75	821,82
SQR	1	5,0-7,5	7,63	744,86
SQR	1	7,5-10	6,79	602,66
SQR	1	10,0-15,0	12,21	1201,32
SQR	1	15,0-20,0	11,95	1072,82
SQR	1	20,0-30,0	19,93	1948,61
SQR	2	0-2,5	19,16	1362,29
SQR	2	2,5-5,0	9,03	780,11

Continua ...

Continuação Apêndice 2.

SQR	2	5,0-7,5	7,44	694,23
SQR	2	7,5-10	7,09	631,75
SQR	2	10,0-15,0	11,92	1201,80
SQR	2	15,0-20,0	11,22	1081,53
SQR	2	20,0-30,0	22,37	2099,37
SQR	3	0-2,5	11,82	1050,95
SQR	3	2,5-5,0	7,32	735,95
SQR	3	5,0-7,5	6,96	661,51
SQR	3	7,5-10	7,27	644,99
SQR	3	10,0-15,0	11,34	1216,18
SQR	3	15,0-20,0	11,78	1113,15
SQR	3	20,0-30,0	18,41	2067,43
SQR	4	0-2,5	14,77	1258,50
SQR	4	2,5-5,0	7,66	799,36
SQR	4	5,0-7,5	6,85	703,25
SQR	4	7,5-10	7,24	677,34
SQR	4	10,0-15,0	12,46	1218,12
SQR	4	15,0-20,0	12,47	1162,24
SQR	4	20,0-30,0	20,98	1962,27
CNM11	1	0-2,5	13,28	1216,03
CNM11	1	2,5-5,0	8,96	909,27
CNM11	1	5,0-7,5	8,75	842,22
CNM11	1	7,5-10	8,66	762,91
CNM11	1	10,0-15,0	13,46	1252,27
CNM11	1	15,0-20,0	11,95	1096,95
CNM11	1	20,0-30,0	23,57	2023,63
CNM11	2	0-2,5	19,80	1832,23
CNM11	2	2,5-5,0	10,14	966,62
CNM11	2	5,0-7,5	9,16	884,17
CNM11	2	7,5-10	7,66	800,32
CNM11	2	10,0-15,0	13,86	1308,55
CNM11	2	15,0-20,0	11,87	1218,36
CNM11	2	20,0-30,0	24,74	2609,95
CNM11	3	0-2,5	16,44	1468,70
CNM11	3	2,5-5,0	10,19	1025,43
CNM11	3	5,0-7,5	9,46	1035,31
CNM11	3	7,5-10	8,04	693,33
CNM11	3	10,0-15,0	13,74	1272,73
CNM11	3	15,0-20,0	13,37	1171,44
CNM11	3	20,0-30,0	24,53	2664,80
CNM11	4	0-2,5	15,15	1510,94
CNM11	4	2,5-5,0	8,05	1013,35
CNM11	4	5,0-7,5	8,44	992,77
CNM11	4	7,5-10	7,96	714,64

Continua ...

Continuação Apêndice 2.

CNM11	4	10,0-15,0	13,92	1322,00
CNM11	4	15,0-20,0	13,46	1145,14
CNM11	4	20,0-30,0	26,67	2087,43
CNM28	1	0-2,5	12,40	1404,42
CNM28	1	2,5-5,0	8,20	872,12
CNM28	1	5,0-7,5	7,60	693,68
CNM28	1	7,5-10	6,97	619,95
CNM28	1	10,0-15,0	12,65	1162,86
CNM28	1	15,0-20,0	12,19	1105,80
CNM28	1	20,0-30,0	23,54	2304,44
CNM28	2	0-2,5	12,93	1248,37
CNM28	2	2,5-5,0	7,78	1076,37
CNM28	2	5,0-7,5	7,83	920,28
CNM28	2	7,5-10	7,63	816,74
CNM28	2	10,0-15,0	12,66	1224,46
CNM28	2	15,0-20,0	11,18	968,44
CNM28	2	20,0-30,0	18,75	1861,07
CNM28	3	0-2,5	11,54	1298,44
CNM28	3	2,5-5,0	7,70	844,48
CNM28	3	5,0-7,5	8,23	1000,80
CNM28	3	7,5-10	7,33	699,61
CNM28	3	10,0-15,0	12,19	1342,71
CNM28	3	15,0-20,0	11,83	1333,60
CNM28	3	20,0-30,0	20,25	2419,43
CNM28	4	0-2,5	12,73	1331,60
CNM28	4	2,5-5,0	8,57	915,47
CNM28	4	5,0-7,5	7,32	695,96
CNM28	4	7,5-10	7,49	638,44
CNM28	4	10,0-15,0	12,49	1326,06
CNM28	4	15,0-20,0	13,32	1182,05
CNM28	4	20,0-30,0	24,40	2813,20
CNM36	1	0-2,5	9,12	918,87
CNM36	1	2,5-5,0	7,81	811,18
CNM36	1	5,0-7,5	6,32	654,42
CNM36	1	7,5-10	7,04	608,15
CNM36	1	10,0-15,0	16,57	1529,46
CNM36	1	15,0-20,0	14,77	1194,57
CNM36	1	20,0-30,0	21,15	2282,72
CNM36	2	0-2,5	15,31	1516,83
CNM36	2	2,5-5,0	9,12	1119,64
CNM36	2	5,0-7,5	8,31	980,78
CNM36	2	7,5-10	7,25	775,15
CNM36	2	10,0-15,0	13,61	1397,42
CNM36	2	15,0-20,0	13,16	1175,55

Continua ...

Continuação Apêndice 2.

CNM36	2	20,0-30,0	25,94	2249,45
CNM36	3	0-2,5	11,44	1215,00
CNM36	3	2,5-5,0	8,47	912,01
CNM36	3	5,0-7,5	9,14	1047,51
CNM36	3	7,5-10	8,08	924,28
CNM36	3	10,0-15,0	15,27	1569,55
CNM36	3	15,0-20,0	13,31	1237,97
CNM36	3	20,0-30,0	23,08	2458,28
CNM36	4	0-2,5	11,84	1171,45
CNM36	4	2,5-5,0	8,20	732,15
CNM36	4	5,0-7,5	8,57	934,55
CNM36	4	7,5-10	7,67	721,89
CNM36	4	10,0-15,0	12,13	1241,51
CNM36	4	15,0-20,0	11,55	1089,06
CNM36	4	20,0-30,0	20,57	1998,80
QUEIMA	1	0-2,5	8,38	805,35
QUEIMA	1	2,5-5,0	7,08	691,11
QUEIMA	1	5,0-7,5	8,09	671,29
QUEIMA	1	7,5-10	7,14	619,67
QUEIMA	1	10,0-15,0	14,15	1173,79
QUEIMA	1	15,0-20,0	13,99	1199,16
QUEIMA	1	20,0-30,0	23,07	2424,16
QUEIMA	2	0-2,5	8,05	747,52
QUEIMA	2	2,5-5,0	6,90	691,82
QUEIMA	2	5,0-7,5	7,64	758,13
QUEIMA	2	7,5-10	7,50	629,94
QUEIMA	2	10,0-15,0	15,63	1407,94
QUEIMA	2	15,0-20,0	13,94	1134,34
QUEIMA	2	20,0-30,0	23,09	2063,37
QUEIMA	3	0-2,5	8,12	745,29
QUEIMA	3	2,5-5,0	6,67	711,69
QUEIMA	3	5,0-7,5	7,53	597,29
QUEIMA	3	7,5-10	7,53	621,53
QUEIMA	3	10,0-15,0	11,99	1425,23
QUEIMA	3	15,0-20,0	12,14	1155,95
QUEIMA	3	20,0-30,0	22,47	2152,39
QUEIMA	4	0-2,5	9,48	863,38
QUEIMA	4	2,5-5,0	6,98	666,23
QUEIMA	4	5,0-7,5	7,52	682,20
QUEIMA	4	7,5-10	7,23	631,84
QUEIMA	4	10,0-15,0	12,81	1089,60
QUEIMA	4	15,0-20,0	11,59	1004,70
QUEIMA	4	20,0-30,0	21,02	1939,81

Apêndice 3. Conteúdo de carbono e nitrogênio nas frações maior e menor que 53 µm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004

Sistema de manejo	Repetição	Prof.	Carbono		Nitrogênio	
			>53µm	<53µm	>53µm	<53µm
		--- cm ---	--- Mg ha ⁻¹ ---		--- kg ha ⁻¹ ---	
SQSR	1	0-2,5	8,28	5,61	370,23	458,13
SQSR	1	2,5-5,0	3,37	5,20	215,95	469,58
SQSR	1	5,0-7,5	2,96	5,20	237,40	464,79
SQSR	1	7,5-10	2,30	5,12	169,90	467,32
SQSR	2	0-2,5	4,02	5,71	247,05	489,49
SQSR	2	2,5-5,0	2,89	4,34	175,23	419,91
SQSR	2	5,0-7,5	2,27	4,77	203,99	423,78
SQSR	2	7,5-10	2,07	4,76	183,88	393,93
SQSR	3	0-2,5	4,73	6,87	327,89	570,89
SQSR	3	2,5-5,0	2,19	5,28	168,45	476,15
SQSR	3	5,0-7,5	1,44	5,34	179,01	441,01
SQSR	3	7,5-10	1,77	4,99	178,94	396,98
SQSR	4	0-2,5	4,52	5,72	266,34	471,88
SQSR	4	2,5-5,0	3,15	5,19	217,67	448,72
SQSR	4	5,0-7,5	2,86	5,18	210,84	424,93
SQSR	4	7,5-10	2,73	4,87	197,65	362,57
SQR	1	0-2,5	7,35	5,38	392,17	428,79
SQR	1	2,5-5,0	3,03	5,44	202,49	432,33
SQR	1	5,0-7,5	2,71	5,02	147,85	464,02
SQR	1	7,5-10	2,63	5,13	137,30	384,94
SQR	2	0-2,5	11,02	6,79	477,19	514,92
SQR	2	2,5-5,0	2,54	5,97	195,90	502,87
SQR	2	5,0-7,5	2,02	5,24	156,33	418,18
SQR	2	7,5-10	2,05	5,27	149,26	398,63
SQR	3	0-2,5	5,47	6,29	382,38	469,12
SQR	3	2,5-5,0	2,27	5,56	154,00	444,87
SQR	3	5,0-7,5	2,89	4,71	169,06	451,82
SQR	3	7,5-10	3,48	4,26	183,63	352,26
SQR	4	0-2,5	6,34	6,11	394,78	482,39
SQR	4	2,5-5,0	3,23	5,17	187,39	482,60
SQR	4	5,0-7,5	2,24	4,68	150,22	439,32

Continua...

Continuação Apêndice 3.

SQR	4	7,5-10	2,36	4,57	160,82	413,47
CNM11	1	0-2,5	6,36	6,45	636,68	546,92
CNM11	1	2,5-5,0	3,20	5,73	204,21	478,83
CNM11	1	5,0-7,5	2,21	5,40	163,39	515,42
CNM11	1	7,5-10	1,94	12,09	147,22	424,18
CNM11	2	0-2,5	10,66	7,62	775,72	582,53
CNM11	2	2,5-5,0	3,58	6,49	215,84	528,06
CNM11	2	5,0-7,5	2,80	5,87	175,66	488,56
CNM11	2	7,5-10	2,35	5,69	150,63	602,50
CNM11	3	0-2,5	8,61	7,36	508,55	562,55
CNM11	3	2,5-5,0	3,64	6,26	207,12	523,05
CNM11	3	5,0-7,5	2,41	5,65	158,50	500,26
CNM11	3	7,5-10	1,72	5,78	100,25	435,49
CNM11	4	0-2,5	9,51	7,75	534,26	621,95
CNM11	4	2,5-5,0	2,49	6,74	177,64	562,15
CNM11	4	5,0-7,5	2,12	6,73	137,01	528,54
CNM11	4	7,5-10	1,68	5,08	144,43	609,16
CNM28	1	0-2,5	5,07	6,49	400,78	557,27
CNM28	1	2,5-5,0	2,27	5,33	172,76	426,94
CNM28	1	5,0-7,5	1,13	5,99	114,38	465,09
CNM28	1	7,5-10	1,50	5,65	106,82	419,09
CNM28	2	0-2,5	5,96	5,53	406,92	548,17
CNM28	2	2,5-5,0	2,39	5,64	188,29	456,77
CNM28	2	5,0-7,5	1,72	5,89	141,27	458,16
CNM28	2	7,5-10	1,80	5,58	151,04	408,21
CNM28	3	0-2,5	5,25	7,09	316,95	614,78
CNM28	3	2,5-5,0	1,62	6,05	153,31	440,63
CNM28	3	5,0-7,5	2,22	6,36	133,92	411,00
CNM28	3	7,5-10	1,59	5,31	109,27	420,37
CNM28	4	0-2,5	4,83	6,77	392,19	552,10
CNM28	4	2,5-5,0	1,84	5,51	147,10	484,98
CNM28	4	5,0-7,5	1,35	5,60	94,09	652,02
CNM28	4	7,5-10	1,24	5,53	100,81	421,58
CNM36	1	0-2,5	2,46	5,32	187,24	494,13
CNM36	1	2,5-5,0	2,06	5,06	169,80	398,13
CNM36	1	5,0-7,5	1,35	5,85	129,94	452,85
CNM36	1	7,5-10	1,21	5,39	115,51	410,17

Continua...

Continuação Apêndice 3.

CNM36	2	0-2,5	7,11	6,58	291,92	571,19
CNM36	2	2,5-5,0	2,74	5,67	188,67	486,41
CNM36	2	5,0-7,5	2,27	6,28	160,08	498,81
CNM36	2	7,5-10	1,40	5,88	127,92	494,43
CNM36	3	0-2,5	4,63	6,29	374,84	367,70
CNM36	3	2,5-5,0	2,47	7,37	188,39	474,87
CNM36	3	5,0-7,5	2,66	6,44	223,20	516,05
CNM36	3	7,5-10	2,60	6,34	160,65	492,39
CNM36	4	0-2,5	5,34	4,06	369,04	541,54
CNM36	4	2,5-5,0	2,97	5,82	196,46	460,87
CNM36	4	5,0-7,5	2,21	6,21	184,91	685,76
CNM36	4	7,5-10	1,66	5,16	127,80	442,72
QUEIMA	1	0-2,5	3,11	5,18	218,96	420,07
QUEIMA	1	2,5-5,0	1,56	3,86	168,46	357,11
QUEIMA	1	5,0-7,5	2,73	4,23	197,77	333,52
QUEIMA	1	7,5-10	3,20	4,00	226,37	281,35
QUEIMA	2	0-2,5	3,39	4,61	223,34	353,42
QUEIMA	2	2,5-5,0	4,06	4,01	235,67	296,26
QUEIMA	2	5,0-7,5	3,23	4,31	215,40	329,83
QUEIMA	2	7,5-10	3,17	4,59	201,26	289,35
QUEIMA	3	0-2,5	3,48	4,69	224,22	364,82
QUEIMA	3	2,5-5,0	3,33	4,30	212,58	290,15
QUEIMA	3	5,0-7,5	2,56	4,21	231,76	442,62
QUEIMA	3	7,5-10	2,51	4,19	157,35	449,67
QUEIMA	4	0-2,5	3,46	5,06	258,64	392,28
QUEIMA	4	2,5-5,0	2,33	4,23	167,24	467,06
QUEIMA	4	5,0-7,5	2,20	4,58	195,47	348,08
QUEIMA	4	7,5-10	1,82	4,55	140,36	344,82

Apêndice 4. Distribuição do tamanho de agregados, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico, sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Latossolo Vermelho Distroférico. André da Rocha, 2004

Sist. manejo	Profundidade	Repetição	----- % -----					----- mm -----	
			> 4,76	4,76-2,00	2,00-1,00	1,00-0,21	<0,21	DMP	DMG
SQSR	0-5	1	88,56	4,53	3,76	3,03	0,12	5,88	5,44
SQSR	0-5	2	81,32	12,30	3,15	3,15	0,08	5,67	5,22
SQSR	5-10	1	87,81	5,21	3,49	3,41	0,08	5,85	5,40
SQSR	5-10	2	85,33	7,67	3,60	3,33	0,06	5,78	5,32
SQR	0-5	1	82,11	12,68	2,55	2,59	0,07	5,72	5,32
SQR	0-5	2	88,69	6,29	2,33	2,52	0,18	5,92	5,54
SQR	5-10	1	88,63	5,88	2,54	2,54	0,41	5,91	5,49
SQR	5-10	2	89,88	6,60	2,85	0,43	0,24	6,00	5,75
CNM 36	0-5	1	88,08	6,49	0,46	0,53	4,44	5,85	5,00
CNM 37	0-5	2	93,39	1,28	0,26	0,49	4,57	6,01	5,17
CNM 38	5-10	1	79,91	10,63	8,59	0,42	0,45	5,59	5,12
CNM 39	5-10	2	79,13	9,20	3,55	3,08	5,04	5,44	4,32
CNM 28	0-5	1	92,61	2,38	0,16	0,35	4,50	6,00	5,17
CNM 29	0-5	2	85,39	8,45	0,74	0,74	4,69	5,75	4,85
CNM 30	5-10	1	88,10	3,79	0,57	0,68	6,85	5,77	4,59
CNM 31	5-10	2	81,79	9,37	2,11	1,64	5,09	5,58	4,55
CNM 11	0-5	1	92,43	6,43	0,35	0,20	0,59	6,12	5,92
CNM 12	0-5	2	87,67	4,73	0,47	0,47	6,66	5,77	4,63
CNM 13	5-10	1	82,84	6,50	1,10	1,25	8,31	5,54	4,16
CNM 14	5-10	2	91,23	4,81	0,31	0,74	2,90	6,00	5,37
QUEIMA	0-5	1	82,07	12,76	0,67	0,82	3,68	5,69	4,91
QUEIMA	0-5	2	84,06	4,89	0,47	0,67	9,91	5,55	4,03
QUEIMA	5-10	1	84,40	7,13	1,21	1,29	5,96	5,66	4,55
QUEIMA	5-10	2	87,38	9,92	1,02	1,57	0,12	5,93	5,66

Apêndice 5. Respiração do solo em diferentes sistemas de manejo de campo nativo, em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico Santa Maria, 2004

Sistema de manejo	Repetição	CO ₂ ---- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ ---
SQSP	1	92,43
SQSP	2	132,04
SQSP	3	115,06
CQSP	1	86,77
CQSP	2	103,75
CQSP	3	81,11
SQCP	1	103,75
SQCP	2	98,09
SQCP	3	92,43
CQCP	1	69,79
CQCP	2	86,77
CQCP	3	92,43

Apêndice 6. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico Santa Maria, 2004

Sist.	Rep.	Prof.	Carbono	Nitrogênio
		--- cm ---	--- Mg ha ⁻¹ ---	--- kg ha ⁻¹ ---
SQSP	1	0-2,5	5,76	451,52
SQSP	1	2,5-5	3,76	310,60
SQSP	1	5-7,5	2,94	294,95
SQSP	1	7,5-10	2,62	294,48
SQSP	1	10,0-15,0	5,18	493,37
SQSP	1	15,0-20,0	4,50	475,55
SQSP	1	20,0-30,0	9,94	831,78
SQSP	2	0-2,5	6,10	435,55
SQSP	2	2,5-5	3,58	357,81
SQSP	2	5-7,5	3,33	322,61
SQSP	2	7,5-10	3,04	293,89
SQSP	2	10,0-15,0	5,33	544,90
SQSP	2	15,0-20,0	5,27	481,77
SQSP	2	20,0-30,0	9,91	1027,38
SQSP	3	0-2,5	5,58	459,19
SQSP	3	2,5-5	3,66	360,62
SQSP	3	5-7,5	3,82	341,59
SQSP	3	7,5-10	3,28	320,61
SQSP	3	10,0-15,0	5,48	542,05
SQSP	3	15,0-20,0	5,64	525,92
SQSP	3	20,0-30,0	11,72	1028,82
SQSP	4	0-2,5	5,53	431,44
SQSP	4	2,5-5	4,01	354,07
SQSP	4	5-7,5	4,05	317,94
SQSP	4	7,5-10	3,43	294,78
SQSP	4	10,0-15,0	6,76	495,00
SQSP	4	15,0-20,0	7,19	577,08
SQSP	4	20,0-30,0	12,54	935,11
CQCP	1	0-2,5	6,37	492,14
CQCP	1	2,5-5	4,56	362,81
CQCP	1	5-7,5	3,50	332,03
CQCP	1	7,5-10	2,89	314,43
CQCP	1	10,0-15,0	6,09	552,58
CQCP	1	15,0-20,0	5,13	503,54
CQCP	1	20,0-30,0	8,91	792,00
CQCP	2	0-2,5	4,71	363,69

Continua...

Continuação Apêndice 6.

CQCP	2	2,5-5	3,62	267,08
CQCP	2	5-7,5	3,28	322,18
CQCP	2	7,5-10	3,38	281,73
CQCP	2	10,0-15,0	6,09	448,80
CQCP	2	15,0-20,0	4,72	410,72
CQCP	2	20,0-30,0	9,22	688,36
CQCP	3	0-2,5	3,47	357,29
CQCP	3	2,5-5	3,00	291,13
CQCP	3	5-7,5	2,99	289,03
CQCP	3	7,5-10	2,99	287,39
CQCP	3	10,0-15,0	3,55	453,52
CQCP	3	15,0-20,0	3,92	401,00
CQCP	3	20,0-30,0	7,94	772,58
CQCP	4	0-2,5	3,28	360,64
CQCP	4	2,5-5	3,14	265,74
CQCP	4	5-7,5	2,77	265,05
CQCP	4	7,5-10	2,37	259,70
CQCP	4	10,0-15,0	3,45	505,50
CQCP	4	15,0-20,0	4,28	402,35
CQCP	4	20,0-30,0	9,86	878,51
CQSP	1	0-2,5	4,29	329,65
CQSP	1	2,5-5	2,79	295,00
CQSP	1	5-7,5	3,84	302,98
CQSP	1	7,5-10	3,74	275,72
CQSP	1	10,0-15,0	6,21	515,07
CQSP	1	15,0-20,0	5,23	414,34
CQSP	1	20,0-30,0	10,15	853,80
CQSP	2	0-2,5	6,44	507,51
CQSP	2	2,5-5	3,86	324,44
CQSP	2	5-7,5	3,64	289,61
CQSP	2	7,5-10	3,15	265,61
CQSP	2	10,0-15,0	6,99	495,56
CQSP	2	15,0-20,0	4,70	405,67
CQSP	2	20,0-30,0	8,95	932,22
CQSP	3	0-2,5	3,47	319,24
CQSP	3	2,5-5	3,91	254,47
CQSP	3	5-7,5	3,37	315,94
CQSP	3	7,5-10	2,67	260,23
CQSP	3	10,0-15,0	6,10	505,83
CQSP	3	15,0-20,0	5,02	454,57
CQSP	3	20,0-30,0	12,91	988,41
CQSP	4	0-2,5	4,59	315,04
CQSP	4	2,5-5	4,12	338,42
CQSP	4	5-7,5	3,77	312,38

Continua...

Continuação Apêndice 6.

CQSP	4	7,5-10	4,69	328,56
CQSP	4	10,0-15,0	6,31	614,54
CQSP	4	15,0-20,0	6,15	554,63
CQSP	4	20,0-30,0	14,15	929,50
SQCP	1	0-2,5	5,95	465,13
SQCP	1	2,5-5	4,36	293,94
SQCP	1	5-7,5	4,23	310,43
SQCP	1	7,5-10	4,23	274,90
SQCP	1	10,0-15,0	6,27	504,88
SQCP	1	15,0-20,0	6,95	554,02
SQCP	1	20,0-30,0	14,33	1134,62
SQCP	2	0-2,5	6,26	371,76
SQCP	2	2,5-5	4,20	331,64
SQCP	2	5-7,5	2,73	391,98
SQCP	2	7,5-10	2,89	322,62
SQCP	2	10,0-15,0	5,56	648,76
SQCP	2	15,0-20,0	5,14	464,67
SQCP	2	20,0-30,0	8,98	1057,61
SQCP	3	0-2,5	4,77	486,17
SQCP	3	2,5-5	3,02	432,95
SQCP	3	5-7,5	2,51	320,36
SQCP	3	7,5-10	2,79	349,99
SQCP	3	10,0-15,0	4,78	669,20
SQCP	3	15,0-20,0	5,56	655,68
SQCP	3	20,0-30,0	7,94	980,00
SQCP	4	0-2,5	4,10	477,24
SQCP	4	2,5-5	3,69	352,22
SQCP	4	5-7,5	3,01	305,34
SQCP	4	7,5-10	2,45	296,54
SQCP	4	10,0-15,0	4,74	504,37
SQCP	4	15,0-20,0	5,81	491,67
SQCP	4	20,0-30,0	11,77	891,49

Apêndice 7. Conteúdo de carbono e nitrogênio nas frações maior e menor que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico Santa Maria, 2004.

Sistema de manejo	Repetição	Prof.	Carbono		Nitrogênio	
			>53 μm	<53 μm	>53 μm	<53 μm
--- cm ---			--- Mg ha ⁻¹ ---		--- kg ha ⁻¹ ---	
SQSP	1	0-2,5	3,73	3,96	61,66	304,02
SQSP	1	2,5-5	0,88	3,90	44,34	345,71
SQSP	1	5-7,5	0,47	3,48	17,33	271,25
SQSP	1	7,5-10	0,00	2,98	15,28	233,77
SQSP	2	0-2,5	1,85	4,84	61,24	400,88
SQSP	2	2,5-5	0,51	3,71	42,68	285,03
SQSP	2	5-7,5	0,55	3,75	46,81	287,80
SQSP	2	7,5-10	0,22	3,88	31,01	254,01
SQSP	3	0-2,5	1,65	4,78	127,44	312,39
SQSP	3	2,5-5	0,62	3,78	27,73	342,75
SQSP	3	5-7,5	0,46	3,92	58,49	294,85
SQSP	3	7,5-10	0,35	3,73	15,76	298,86
SQSP	4	0-2,5	1,26	4,98	58,10	301,15
SQSP	4	2,5-5	0,49	5,68	28,42	338,23
SQSP	4	5-7,5	0,33	3,57	31,47	372,52
SQSP	4	7,5-10	0,41	3,34	6,99	245,99
CQCP	1	0-2,5	1,87	4,30	138,18	326,18
CQCP	1	2,5-5	0,53	3,79	31,78	285,15
CQCP	1	5-7,5	0,39	3,76	16,17	308,26
CQCP	1	7,5-10	0,54	2,97	26,67	250,62
CQCP	2	0-2,5	1,25	2,75	62,16	314,98
CQCP	2	2,5-5	1,12	2,91	31,28	239,55
CQCP	2	5-7,5	0,97	3,30	18,79	272,78
CQCP	2	7,5-10	0,58	2,91	17,59	280,38
CQCP	3	0-2,5	1,84	3,71	49,17	307,09
CQCP	3	2,5-5	0,66	3,33	45,67	291,49
CQCP	3	5-7,5	0,58	2,87	17,91	333,38
CQCP	3	7,5-10	0,61	3,13	17,85	292,55
CQCP	4	0-2,5	1,05	2,67	31,22	302,13
CQCP	4	2,5-5	0,88	3,17	14,94	276,48
CQCP	4	5-7,5	0,54	2,62	9,26	295,22
CQCP	4	7,5-10	0,50	3,09	13,37	321,67
CQSP	1	0-2,5	1,55	2,86	80,29	273,39
CQSP	1	2,5-5	0,62	2,34	35,69	247,28
CQSP	1	5-7,5	0,46	2,99	25,49	298,67

Continua...

Continuação Apêndice 7.

CQSP	1	7,5-10	0,32	2,87	7,95	226,36
CQSP	2	0-2,5	1,63	3,64	70,29	366,97
CQSP	2	2,5-5	0,75	2,94	51,96	303,45
CQSP	2	5-7,5	0,87	3,17	42,73	261,70
CQSP	2	7,5-10	0,21	3,12	42,69	288,63
CQSP	3	0-2,5	1,21	2,77	67,20	291,08
CQSP	3	2,5-5	0,27	2,94	60,55	298,34
CQSP	3	5-7,5	0,21	3,46	8,62	280,87
CQSP	3	7,5-10	0,30	2,94	7,72	288,76
CQSP	4	0-2,5	2,16	3,40	59,11	366,77
CQSP	4	2,5-5	0,41	4,36	29,34	349,21
CQSP	4	5-7,5	0,19	3,33	38,74	378,34
CQSP	4	7,5-10	0,20	3,90	40,19	349,35
SQCP	1	0-2,5	0,97	5,04	75,94	422,73
SQCP	1	2,5-5	0,55	4,22	40,27	330,46
SQCP	1	5-7,5	0,70	3,10	41,27	314,13
SQCP	1	7,5-10	0,20	3,14	24,00	303,76
SQCP	2	0-2,5	0,87	4,62	93,26	384,83
SQCP	2	2,5-5	0,52	5,44	30,43	494,13
SQCP	2	5-7,5	0,46	3,02	24,84	316,92
SQCP	2	7,5-10	0,19	3,16	23,48	270,28
SQCP	3	0-2,5	1,13	4,22	77,10	395,64
SQCP	3	2,5-5	0,93	3,98	23,49	359,50
SQCP	3	5-7,5	0,13	3,56	8,47	280,75
SQCP	3	7,5-10	0,48	3,10	7,75	308,56
SQCP	4	0-2,5	1,56	4,20	59,05	431,67
SQCP	4	2,5-5	1,48	3,79	24,31	333,22
SQCP	4	5-7,5	0,41	3,14	8,94	368,21
SQCP	4	7,5-10	0,28	3,00	8,89	284,59

Apêndice 8. Distribuição do tamanho de agregados, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico, sob diferentes sistemas de manejo de campo nativo, de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico Santa Maria, 2004.

Sist. manejo	Profundidade	Repetição	> 4,76	4,76-2,00	2,00-1,00	1,00-0,21	<0,21	DMP	DMG
			----- % -----					----- mm -----	
CQCP	0-5	1	95,73	2,58	0,28	0,60	0,82	6,20	5,96
CQCP	0-5	2	94,85	1,71	0,24	0,64	2,57	6,12	5,58
CQCP	5-10	1	93,24	0,83	0,99	1,82	3,11	6,01	5,27
CQCP	5-10	2	89,74	1,98	1,50	3,28	3,51	5,84	4,94
CQSP	0-5	1	93,95	2,42	0,28	0,75	2,60	6,09	5,52
CQSP	0-5	2	93,44	3,48	0,16	0,51	2,40	6,09	5,57
CQSP	5-10	1	83,53	4,90	2,53	4,47	4,57	5,56	4,45
CQSP	5-10	2	89,80	1,58	0,71	3,72	4,18	5,82	4,82
SQCP	0-5	1	93,46	1,69	0,39	0,67	3,80	6,03	5,29
SQCP	0-5	2	92,64	3,73	0,63	1,07	1,93	6,05	5,56
SQCP	5-10	1	92,72	1,76	0,82	1,33	3,36	6,00	5,26
SQCP	5-10	2	91,30	2,80	0,95	1,81	3,14	5,95	5,21
SQSP	0-5	1	93,92	1,03	0,63	1,54	2,88	6,05	5,38
SQSP	0-5	2	96,60	0,12	0,20	0,48	2,60	6,18	5,65
SQSP	5-10	1	79,36	4,79	2,85	5,42	7,58	5,31	3,83
SQSP	5-10	2	84,02	4,71	2,02	4,12	5,13	5,58	4,42

Apêndice 9. Respiração do solo em diferentes sistemas de manejo de resíduos e campo nativo, em um solo Nitossolo Vermelho Distrófico, Campos Novos, 2004

Sistema de manejo	Repetição	CO ² ----- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -----
PD	1	58,72
PD	2	96,07
PD	3	71,17
PC	1	53,74
PC	2	82,37
PC	3	71,17
PC-Q	1	45,03
PC-Q	2	55,61
PC-Q	3	92,33
PC-R	1	79,88
PC-R	2	64,94
PC-R	3	49,38
CN	1	116,61
CN	2	135,91
CN	3	111,01

Apêndice 10. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) de diferentes sistemas de manejo de resíduos e campo nativo, de um solo Nitossolo Vermelho Distrófico, Campos Novos, 2004

Sist. manejo	Repetição	Prof. --- cm ---	Carbono --- Mg ha ⁻¹ ---	Nitrogênio --- kg ha ⁻¹ ---
SS	1	0-2,5	7,52	619,49
SS	1	2,5-5	6,68	542,67
SS	1	5-7,5	8,00	571,54
SS	1	7,5-10	7,21	530,65
SS	1	10,0-15,0	13,52	957,13
SS	1	15,0-20,0	12,64	1071,23
SS	1	20,0-30,0	23,72	1588,13
SS	2	0-2,5	8,21	790,96
SS	2	2,5-5	8,02	674,19
SS	2	5-7,5	7,20	662,33
SS	2	7,5-10	7,24	590,67
SS	2	10,0-15,0	14,13	1184,28
SS	2	15,0-20,0	13,01	1115,20
SS	2	20,0-30,0	16,06	1992,23
SS	3	0-2,5	6,68	717,49
SS	3	2,5-5	6,17	593,85
SS	3	5-7,5	5,90	645,75
SS	3	7,5-10	5,83	592,53
SS	3	10,0-15,0	9,59	1078,43
SS	3	15,0-20,0	8,61	996,70
SS	3	20,0-30,0	15,03	1520,22
SR	1	0-2,5	6,42	827,63
SR	1	2,5-5	5,22	611,81
SR	1	5-7,5	4,36	599,25
SR	1	7,5-10	4,77	549,99
SR	1	10,0-15,0	9,74	1000,24
SR	1	15,0-20,0	11,21	997,90
SR	1	20,0-30,0	19,46	1579,36
SR	2	0-2,5	8,01	784,37
SR	2	2,5-5	5,50	663,24
SR	2	5-7,5	5,70	649,90
SR	2	7,5-10	5,46	603,72
SR	2	10,0-15,0	11,03	1034,92
SR	2	15,0-20,0	11,57	1042,42
SR	2	20,0-30,0	22,79	1667,74
SR	3	0-2,5	6,83	734,31

Continua...

Continuação Apêndice 10.

SR	3	2,5-5	5,54	591,40
SR	3	5-7,5	5,67	574,50
SR	3	7,5-10	5,19	552,07
SR	3	10,0-15,0	9,88	1025,84
SR	3	15,0-20,0	10,61	1111,44
SR	3	20,0-30,0	18,57	1608,22
SO	1	0-2,5	7,08	855,69
SO	1	2,5-5	6,59	942,37
SO	1	5-7,5	7,32	725,40
SO	1	7,5-10	6,28	637,36
SO	1	10,0-15,0	9,89	996,49
SO	1	15,0-20,0	11,17	979,64
SO	1	20,0-30,0	23,22	1830,17
SO	2	0-2,5	9,80	899,96
SO	2	2,5-5	6,31	719,97
SO	2	5-7,5	6,62	676,50
SO	2	7,5-10	6,19	606,28
SO	2	10,0-15,0	9,63	1024,18
SO	2	15,0-20,0	9,14	1030,66
SO	2	20,0-30,0	19,04	1914,88
SO	3	0-2,5	12,89	964,50
SO	3	2,5-5	7,96	688,40
SO	3	5-7,5	7,09	679,52
SO	3	7,5-10	6,30	603,11
SO	3	10,0-15,0	10,92	1016,14
SO	3	15,0-20,0	11,78	941,60
SO	3	20,0-30,0	21,52	1724,89
IS	1	0-2,5	5,92	558,81
IS	1	2,5-5	5,02	542,44
IS	1	5-7,5	5,94	573,39
IS	1	7,5-10	5,80	538,78
IS	1	10,0-15,0	11,22	1145,98
IS	1	15,0-20,0	8,99	900,21
IS	1	20,0-30,0	17,56	1552,56
IS	2	0-2,5	6,82	562,63
IS	2	2,5-5	6,05	541,68
IS	2	5-7,5	5,55	529,08
IS	2	7,5-10	4,29	511,79
IS	2	10,0-15,0	11,09	911,98
IS	2	15,0-20,0	9,83	893,74
IS	2	20,0-30,0	19,80	1557,81
IS	3	0-2,5	5,54	522,74
IS	3	2,5-5	5,67	538,11
IS	3	5-7,5	5,42	534,90

Continua...

Continuação Apêndice 10.

IS	3	7,5-10	5,82	558,53
IS	3	10,0-15,0	10,14	1123,68
IS	3	15,0-20,0	9,97	935,11
IS	3	20,0-30,0	18,66	1556,26
IR	1	0-2,5	6,68	470,47
IR	1	2,5-5	5,47	591,92
IR	1	5-7,5	4,74	568,55
IR	1	7,5-10	4,74	583,79
IR	1	10,0-15,0	12,42	1128,78
IR	1	15,0-20,0	10,14	936,80
IR	1	20,0-30,0	18,02	1721,82
IR	2	0-2,5	6,73	537,02
IR	2	2,5-5	7,01	628,94
IR	2	5-7,5	6,66	598,88
IR	2	7,5-10	6,20	556,63
IR	2	10,0-15,0	12,52	1134,15
IR	2	15,0-20,0	10,54	925,87
IR	2	20,0-30,0	20,36	1475,22
IR	3	0-2,5	8,48	725,10
IR	3	2,5-5	7,15	623,76
IR	3	5-7,5	5,94	643,89
IR	3	7,5-10	6,35	635,90
IR	3	10,0-15,0	11,97	1170,00
IR	3	15,0-20,0	11,85	1051,83
IR	3	20,0-30,0	23,33	1859,01
IO	1	0-2,5	7,07	653,91
IO	1	2,5-5	6,90	582,29
IO	1	5-7,5	5,73	606,94
IO	1	7,5-10	5,94	566,82
IO	1	10,0-15,0	11,45	1027,86
IO	1	15,0-20,0	11,37	993,27
IO	1	20,0-30,0	24,29	2048,97
IO	2	0-2,5	6,55	723,81
IO	2	2,5-5	6,40	575,38
IO	2	5-7,5	5,66	589,54
IO	2	7,5-10	5,14	511,40
IO	2	10,0-15,0	9,50	996,05
IO	2	15,0-20,0	10,44	917,44
IO	2	20,0-30,0	23,18	1794,63
IO	3	0-2,5	6,97	565,03
IO	3	2,5-5	5,42	566,05
IO	3	5-7,5	6,46	558,78
IO	3	7,5-10	6,29	527,38
IO	3	10,0-15,0	12,44	990,49

Continua...

Continuação Apêndice 10.

IO	3	15,0-20,0	11,92	1066,90
IO	3	20,0-30,0	28,18	1882,70
RS	1	0-2,5	5,39	466,76
RS	1	2,5-5	4,50	486,80
RS	1	5-7,5	5,29	485,04
RS	1	7,5-10	4,96	482,13
RS	1	10,0-15,0	10,68	1048,79
RS	1	15,0-20,0	10,29	976,39
RS	1	20,0-30,0	22,08	1786,24
RS	2	0-2,5	6,22	478,08
RS	2	2,5-5	6,01	484,94
RS	2	5-7,5	5,68	471,51
RS	2	7,5-10	5,53	455,68
RS	2	10,0-15,0	9,86	916,25
RS	2	15,0-20,0	9,65	831,61
RS	2	20,0-30,0	17,00	1478,42
RS	3	0-2,5	4,02	480,50
RS	3	2,5-5	4,91	499,07
RS	3	5-7,5	4,51	480,34
RS	3	7,5-10	4,38	474,30
RS	3	10,0-15,0	8,74	936,68
RS	3	15,0-20,0	10,21	960,90
RS	3	20,0-30,0	17,39	1475,09
RR	1	0-2,5	5,28	438,71
RR	1	2,5-5	5,12	433,00
RR	1	5-7,5	5,52	487,12
RR	1	7,5-10	5,84	462,56
RR	1	10,0-15,0	10,90	1023,99
RR	1	15,0-20,0	10,60	956,81
RR	1	20,0-30,0	21,38	1602,11
RR	2	0-2,5	5,85	513,38
RR	2	2,5-5	5,56	495,93
RR	2	5-7,5	5,92	489,48
RR	2	7,5-10	5,56	519,49
RR	2	10,0-15,0	11,98	1019,69
RR	2	15,0-20,0	9,59	1078,89
RR	2	20,0-30,0	22,14	1772,55
RR	3	0-2,5	5,65	516,08
RR	3	2,5-5	5,55	491,46
RR	3	5-7,5	6,03	511,42
RR	3	7,5-10	5,47	501,09
RR	3	10,0-15,0	11,20	1070,32
RR	3	15,0-20,0	12,51	1047,56
RR	3	20,0-30,0	19,72	1704,88

Continua...

Continuação Apêndice 10.

RO	1	0-2,5	6,33	564,81
RO	1	2,5-5	6,31	611,24
RO	1	5-7,5	7,35	587,08
RO	1	7,5-10	6,18	541,61
RO	1	10,0-15,0	13,39	1052,69
RO	1	15,0-20,0	11,96	954,53
RO	1	20,0-30,0	26,17	1650,03
RO	2	0-2,5	5,17	564,81
RO	2	2,5-5	5,44	527,50
RO	2	5-7,5	5,57	548,90
RO	2	7,5-10	6,00	531,23
RO	2	10,0-15,0	11,10	1090,90
RO	2	15,0-20,0	10,25	1013,05
RO	2	20,0-30,0	20,01	1722,29
RO	3	0-2,5	5,31	531,96
RO	3	2,5-5	5,52	506,86
RO	3	5-7,5	7,13	521,14
RO	3	7,5-10	6,00	504,19
RO	3	10,0-15,0	10,81	1072,48
RO	3	15,0-20,0	9,94	918,64
RO	3	20,0-30,0	20,12	1412,59
QS	1	0-2,5	7,04	510,71
QS	1	2,5-5	4,97	494,33
QS	1	5-7,5	5,40	510,01
QS	1	7,5-10	5,90	508,90
QS	1	10,0-15,0	12,01	1032,99
QS	1	15,0-20,0	12,34	844,13
QS	1	20,0-30,0	21,06	1309,60
QS	2	0-2,5	7,05	579,37
QS	2	2,5-5	7,41	571,03
QS	2	5-7,5	6,53	565,58
QS	2	7,5-10	6,63	562,62
QS	2	10,0-15,0	13,04	1075,75
QS	2	15,0-20,0	12,43	1076,80
QS	2	20,0-30,0	23,85	1776,11
QS	3	0-2,5	8,06	535,92
QS	3	2,5-5	7,63	515,93
QS	3	5-7,5	6,89	564,21
QS	3	7,5-10	6,10	518,03
QS	3	10,0-15,0	12,39	1072,96
QS	3	15,0-20,0	12,58	987,27
QS	3	20,0-30,0	16,47	1367,07
QR	1	0-2,5	4,43	519,68
QR	1	2,5-5	4,50	494,83

Continua...

Continuação Apêndice 10.

QR	1	5-7,5	6,94	488,71
QR	1	7,5-10	6,09	526,13
QR	1	10,0-15,0	13,36	1046,20
QR	1	15,0-20,0	11,96	898,06
QR	1	20,0-30,0	23,41	1310,13
QR	2	0-2,5	8,29	587,84
QR	2	2,5-5	8,39	579,14
QR	2	5-7,5	6,93	576,42
QR	2	7,5-10	6,32	579,99
QR	2	10,0-15,0	13,75	1215,32
QR	2	15,0-20,0	11,69	1078,11
QR	2	20,0-30,0	25,38	1608,66
QR	3	0-2,5	5,97	569,79
QR	3	2,5-5	6,18	537,21
QR	3	5-7,5	6,59	584,42
QR	3	7,5-10	6,54	608,49
QR	3	10,0-15,0	14,17	1075,53
QR	3	15,0-20,0	10,74	852,81
QR	3	20,0-30,0	19,87	1563,86
QO	1	0-2,5	8,11	595,64
QO	1	2,5-5	7,28	555,33
QO	1	5-7,5	7,18	631,15
QO	1	7,5-10	6,82	611,47
QO	1	10,0-15,0	10,91	1074,96
QO	1	15,0-20,0	11,14	1002,61
QO	1	20,0-30,0	19,63	1467,33
QO	2	0-2,5	6,01	588,67
QO	2	2,5-5	5,23	619,44
QO	2	5-7,5	6,46	657,22
QO	2	7,5-10	6,46	631,58
QO	2	10,0-15,0	11,00	1202,23
QO	2	15,0-20,0	11,81	1172,31
QO	2	20,0-30,0	18,23	1442,75
QO	3	0-2,5	6,26	576,06
QO	3	2,5-5	5,09	541,68
QO	3	5-7,5	6,28	555,81
QO	3	7,5-10	5,23	530,20
QO	3	10,0-15,0	10,95	1285,22
QO	3	15,0-20,0	10,80	1048,89
QO	3	20,0-30,0	18,67	1407,67
CN	1	0-2,5	14,41	1091,50
CN	1	2,5-5	9,45	713,73
CN	1	5-7,5	6,61	581,76
CN	1	7,5-10	5,99	562,00

Continua...

Continuação Apêndice 10.

CN	1	10,0-15,0	9,45	953,53
CN	1	15,0-20,0	11,54	1058,85
CN	1	20,0-30,0	24,35	2066,76
CN	2	0-2,5	12,89	957,76
CN	2	2,5-5	7,57	729,25
CN	2	5-7,5	6,29	535,58
CN	2	7,5-10	6,05	519,80
CN	2	10,0-15,0	10,62	997,57
CN	2	15,0-20,0	11,03	1097,41
CN	2	20,0-30,0	22,49	2065,51
CN	3	0-2,5	11,30	1072,21
CN	3	2,5-5	6,68	621,51
CN	3	5-7,5	5,34	560,43
CN	3	7,5-10	5,84	540,38
CN	3	10,0-15,0	9,90	892,56
CN	3	15,0-20,0	6,68	1015,13
CN	3	20,0-30,0	18,69	1923,00

Apêndice 11. Conteúdo de carbono e nitrogênio nas frações maior e menor que 53 μm sob diferentes sistemas de manejo de resíduos e campo nativo, de um solo Nitossolo Vermelho Distrófico, Campos Novos, 2004

Sistema de manejo	Repetição	Prof. --- cm ---	Carbono		Nitrogênio	
			>53 μm	<53 μm	>53 μm	<53 μm
			--- Mg ha ⁻¹ ---		--- kg ha ⁻¹ ---	
SS	1	0-2,5	2,00	5,60	182,50	463,80
SS	1	2,5-5	1,28	4,18	110,31	417,84
SS	1	5-7,5	0,90	6,28	90,40	510,97
SS	1	7,5-10	1,12	5,54	79,97	431,13
SS	2	0-2,5	2,54	5,98	290,32	548,94
SS	2	2,5-5	2,40	7,82	180,37	474,18
SS	2	5-7,5	2,06	5,34	145,37	476,84
SS	2	7,5-10	1,80	5,98	97,73	513,89
SS	3	0-2,5	2,07	5,11	181,79	427,48
SS	3	2,5-5	0,88	5,57	75,24	473,48
SS	3	5-7,5	1,36	6,32	97,02	488,52
SS	3	7,5-10	0,98	6,10	61,55	480,13
SR	1	0-2,5	2,98	6,12	254,86	530,34
SR	1	2,5-5	1,58	5,80	111,64	452,56
SR	1	5-7,5	1,21	6,08	90,67	479,12
SR	1	7,5-10	1,18	5,38	106,95	467,38
SR	2	0-2,5	3,08	6,50	277,24	496,18
SR	2	2,5-5	2,63	6,04	170,44	458,73
SR	2	5-7,5	1,23	6,77	124,26	498,95
SR	2	7,5-10	1,07	5,98	96,73	511,48
SR	3	0-2,5	2,63	6,19	209,12	536,17
SR	3	2,5-5	1,19	5,84	93,32	511,26
SR	3	5-7,5	1,20	6,27	82,07	454,25
SR	3	7,5-10	1,38	6,26	96,66	474,83
SO	1	0-2,5	3,39	5,20	319,35	474,80
SO	1	2,5-5	3,47	4,90	322,96	519,22
SO	1	5-7,5	2,52	6,05	245,85	578,54
SO	1	7,5-10	1,62	6,52	145,48	520,11
SO	2	0-2,5	4,15	5,08	509,12	656,88
SO	2	2,5-5	1,65	5,61	162,33	562,48
SO	2	5-7,5	1,96	5,80	126,38	517,89
SO	2	7,5-10	1,09	5,41	89,13	547,38
SO	3	0-2,5	4,31	5,16	424,34	537,81
SO	3	2,5-5	2,39	4,73	104,84	498,94

Continua...

Continuação Apêndice 11.

SO	3	5-7,5	1,72	5,98	172,50	541,90
SO	3	7,5-10	1,32	5,77	107,68	484,55
IS	1	0-2,5	2,59	5,12	128,36	431,69
IS	1	2,5-5	1,30	5,39	120,87	423,28
IS	1	5-7,5	1,22	5,86	154,17	461,25
IS	1	7,5-10	0,83	6,52	69,93	474,76
IS	2	0-2,5	1,61	6,12	121,52	445,04
IS	2	2,5-5	1,20	5,78	111,95	436,99
IS	2	5-7,5	0,86	5,67	67,62	453,57
IS	2	7,5-10	0,89	5,51	79,11	468,99
IS	3	0-2,5	1,52	5,09	118,00	417,12
IS	3	2,5-5	1,37	4,72	107,96	415,96
IS	3	5-7,5	1,37	5,19	114,24	462,13
IS	3	7,5-10	1,52	5,73	115,99	450,12
IR	1	0-2,5	1,91	5,63	152,53	519,69
IR	1	2,5-5	1,01	6,15	94,92	498,05
IR	1	5-7,5	0,98	6,65	70,82	491,32
IR	1	7,5-10	1,16	5,91	98,09	513,99
IR	2	0-2,5	1,69	5,33	135,85	502,32
IR	2	2,5-5	1,95	5,51	140,96	459,70
IR	2	5-7,5	1,60	6,05	130,38	488,47
IR	2	7,5-10	1,38	5,48	93,42	460,88
IR	3	0-2,5	2,88	6,10	168,02	514,84
IR	3	2,5-5	1,71	5,77	114,15	506,38
IR	3	5-7,5	1,52	6,39	119,47	468,73
IR	3	7,5-10	1,56	5,57	122,57	493,27
IO	1	0-2,5	2,59	5,05	173,35	466,36
IO	1	2,5-5	1,75	5,85	140,52	446,24
IO	1	5-7,5	1,89	5,86	158,70	486,21
IO	1	7,5-10	1,52	6,13	108,88	479,59
IO	2	0-2,5	2,10	5,80	150,55	506,88
IO	2	2,5-5	1,08	4,45	106,78	505,71
IO	2	5-7,5	1,17	4,83	72,47	491,33
IO	2	7,5-10	1,13	4,04	92,56	469,61
IO	3	0-2,5	1,81	4,27	134,31	404,86
IO	3	2,5-5	1,50	4,15	108,30	451,39
IO	3	5-7,5	1,62	4,96	113,73	487,81
IO	3	7,5-10	1,12	5,29	101,18	462,09
RS	1	0-2,5	1,70	3,80	129,13	345,54
RS	1	2,5-5	1,44	3,70	103,24	301,48
RS	1	5-7,5	1,50	4,15	97,63	413,27
RS	1	7,5-10	1,13	4,46	107,58	380,14
RS	2	0-2,5	1,48	4,42	115,67	410,84
RS	2	2,5-5	1,64	4,14	96,37	393,96

Continua...

Continuação Apêndice 11.

RS	2	5-7,5	1,44	3,61	110,50	389,13
RS	2	7,5-10	1,53	4,04	99,00	413,83
RS	3	0-2,5	1,51	5,02	109,32	382,51
RS	3	2,5-5	1,56	4,08	105,82	381,92
RS	3	5-7,5	1,48	3,76	99,37	384,21
RS	3	7,5-10	1,62	3,84	108,23	384,59
RR	1	0-2,5	1,52	3,78	110,71	377,43
RR	1	2,5-5	1,54	3,89	105,92	381,02
RR	1	5-7,5	1,73	4,71	111,37	382,42
RR	1	7,5-10	1,78	4,42	111,25	364,39
RR	2	0-2,5	1,55	4,71	110,97	382,69
RR	2	2,5-5	1,36	4,99	106,98	398,77
RR	2	5-7,5	1,41	4,90	108,10	414,81
RR	2	7,5-10	1,29	4,88	91,40	409,10
RR	3	0-2,5	1,54	4,93	107,02	453,97
RR	3	2,5-5	1,28	3,74	98,97	402,31
RR	3	5-7,5	1,42	5,12	98,85	424,09
RR	3	7,5-10	1,41	5,37	98,33	451,76
RO	1	0-2,5	1,52	5,02	114,96	438,28
RO	1	2,5-5	1,58	5,38	124,96	475,08
RO	1	5-7,5	1,87	5,12	142,66	445,58
RO	1	7,5-10	1,61	4,99	105,48	414,36
RO	2	0-2,5	1,95	4,45	116,05	430,80
RO	2	2,5-5	1,54	4,59	111,53	468,30
RO	2	5-7,5	1,38	5,58	107,60	449,57
RO	2	7,5-10	0,99	5,45	70,11	442,42
RO	3	0-2,5	1,62	4,69	122,55	407,99
RO	3	2,5-5	1,39	4,94	104,02	411,53
RO	3	5-7,5	1,63	4,82	122,76	407,90
RO	3	7,5-10	1,57	4,86	119,47	456,57
QS	1	0-2,5	1,50	4,62	110,21	390,75
QS	1	2,5-5	1,25	5,36	98,64	438,24
QS	1	5-7,5	1,55	5,73	102,60	439,10
QS	1	7,5-10	1,49	5,61	118,00	424,67
QS	2	0-2,5	1,62	4,95	114,91	464,05
QS	2	2,5-5	1,27	5,46	99,90	490,90
QS	2	5-7,5	1,51	5,61	115,06	462,88
QS	2	7,5-10	1,13	6,55	72,34	508,70
QS	3	0-2,5	1,65	5,02	125,76	411,16
QS	3	2,5-5	1,64	4,62	119,15	426,74
QS	3	5-7,5	1,99	4,79	139,25	436,39
QS	3	7,5-10	1,59	5,02	116,61	424,11
QR	1	0-2,5	1,30	5,40	96,06	378,32
QR	1	2,5-5	1,45	4,62	98,03	440,94

Continua...

Continuação Apêndice 11.

QR	1	5-7,5	1,13	5,25	99,62	437,22
QR	1	7,5-10	1,24	5,58	101,25	418,23
QR	2	0-2,5	1,87	4,68	119,84	442,23
QR	2	2,5-5	1,67	4,16	122,33	469,99
QR	2	5-7,5	1,75	4,49	132,87	473,38
QR	2	7,5-10	1,62	4,40	136,77	472,43
QR	3	0-2,5	1,52	4,56	120,51	459,42
QR	3	2,5-5	1,52	4,18	115,52	478,55
QR	3	5-7,5	1,49	4,14	133,12	430,81
QR	3	7,5-10	1,62	5,06	113,47	491,55
QO	1	0-2,5	1,97	4,17	154,33	417,76
QO	1	2,5-5	1,91	4,43	164,03	387,67
QO	1	5-7,5	2,09	4,59	149,94	443,08
QO	1	7,5-10	2,05	4,29	155,01	423,06
QO	2	0-2,5	1,85	3,99	117,17	444,06
QO	2	2,5-5	1,92	3,99	110,96	447,12
QO	2	5-7,5	1,95	4,61	139,13	497,56
QO	2	7,5-10	1,44	4,44	95,87	481,44
QO	3	0-2,5	1,58	4,00	111,92	442,80
QO	3	2,5-5	1,62	4,59	127,40	430,28
QO	3	5-7,5	1,77	4,36	121,55	465,98
QO	3	7,5-10	1,55	4,73	101,74	440,76
CN	1	0-2,5	9,43	6,69	552,44	512,03
CN	1	2,5-5	3,55	5,33	214,52	517,22
CN	1	5-7,5	2,41	4,90	149,19	463,73
CN	1	7,5-10	2,12	4,38	108,42	428,15
CN	2	0-2,5	6,41	5,67	385,90	557,56
CN	2	2,5-5	2,75	5,16	187,09	478,27
CN	2	5-7,5	1,54	4,28	95,41	404,84
CN	2	7,5-10	1,50	4,25	106,36	415,60
CN	3	0-2,5	8,23	6,59	457,57	554,14
CN	3	2,5-5	3,68	5,66	194,91	467,28
CN	3	5-7,5	2,16	4,49	122,16	458,72
CN	3	7,5-10	1,93	4,14	129,90	380,08

Apêndice 12. Distribuição do tamanho de agregados, diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico, sob diferentes sistemas de manejo de resíduos e campo nativo, de um solo Nitossolo Vermelho Distrófico, Campos Novos, 2004

Sist. manejo	Profundidade	Repetição	> 4,76	4,76-2,00	2,00-1,00	1,00-0,21	<0,21	DMP	DMG
			----- % -----					----- mm -----	
IS	0-5	1	52,96	17,00	10,41	10,80	8,81	4,18	2,66
IS	0-5	2	23,86	15,80	18,29	27,95	14,09	2,51	1,28
IS	5-10	1	37,14	21,55	18,92	14,85	7,55	3,48	2,19
IS	5-10	2	45,47	29,23	14,05	6,89	4,35	4,15	3,07
IO	0-5	1	30,88	18,50	21,31	20,18	9,13	3,05	1,78
IO	0-5	2	20,59	16,02	27,46	25,98	9,96	2,43	1,40
IO	5-10	1	25,11	15,68	25,79	26,43	6,99	2,69	1,60
IO	5-10	2	29,66	19,48	23,22	19,96	7,70	3,03	1,84
IR	0-5	1	43,59	18,83	14,78	14,39	8,42	3,73	2,30
IR	0-5	2	49,41	14,54	11,09	13,65	11,30	3,90	2,26
IR	5-10	1	43,91	25,60	15,79	8,90	5,80	3,96	2,76
IR	5-10	2	55,53	16,66	9,63	11,12	7,06	4,32	2,87
SS	0-5	1	45,48	16,22	11,47	16,58	10,26	3,73	2,16
SS	0-5	2	61,54	16,71	5,90	7,18	8,66	4,63	3,12
SS	5-10	1	32,38	17,12	19,57	23,60	7,34	3,09	1,83
SS	5-10	2	77,91	11,25	3,82	2,98	4,04	5,43	4,44
SO	0-5	1	30,18	21,22	21,30	17,41	9,89	3,08	1,81
SO	0-5	2	80,84	9,56	1,68	1,80	6,13	5,52	4,37

Continua...

Continuação Apêndice 12.

SO	5-10	1	48,14	16,50	15,05	13,40	6,91	3,94	2,54
SO	5-10	2	35,34	19,58	20,20	17,40	7,48	3,33	2,05
SR	0-5	1	61,46	14,77	7,13	9,02	7,62	4,59	3,10
SR	0-5	2	49,31	19,65	13,12	9,71	8,22	4,07	2,64
SR	5-10	1	36,26	11,77	14,77	28,24	8,95	3,11	1,70
SR	5-10	2	36,45	24,57	19,08	13,32	6,57	3,53	2,31
RS	0-5	1	12,47	16,47	19,70	36,13	15,23	1,88	0,99
RS	0-5	2	37,31	14,89	15,04	21,09	11,68	3,25	1,76
RS	5-10	1	16,47	14,52	26,26	32,19	10,57	2,14	1,21
RS	5-10	2	33,56	18,73	19,33	19,49	8,89	3,19	1,88
RO	0-5	1	17,94	13,69	20,83	31,05	16,50	2,12	1,06
RO	0-5	2	41,21	19,23	16,05	15,17	8,34	3,62	2,22
RO	5-10	1	27,14	19,32	24,45	21,05	8,04	2,89	1,73
RO	5-10	2	12,16	34,21	22,81	20,82	10,00	2,41	1,50
RR	0-5	1	11,28	12,53	21,55	38,80	15,84	1,72	0,90
RR	0-5	2	21,78	16,28	21,00	27,83	13,11	2,44	1,29
RR	5-10	1	24,67	14,32	23,19	27,81	10,01	2,58	1,43
RR	5-10	2	41,92	19,80	15,59	15,51	7,18	3,68	2,32
QS	0-5	1	29,37	16,57	22,70	27,78	3,58	2,95	1,85
QS	0-5	2	25,28	21,13	27,49	24,06	2,03	2,89	1,96
QS	5-10	1	44,57	21,93	16,10	15,62	1,77	3,92	2,83
QS	5-10	2	32,94	19,00	21,23	24,09	2,73	3,21	2,11

Continua...

Continuação Apêndice 12.

QO	0-5	1	18,38	17,64	24,51	34,62	4,84	2,35	1,45
QO	0-5	2	34,27	17,74	17,58	19,80	10,62	3,18	1,79
QO	5-10	1	18,33	25,05	27,73	27,77	1,13	2,60	1,81
QO	5-10	2	33,14	16,39	18,66	21,35	10,45	3,09	1,73
QR	0-5	1	20,93	14,33	22,09	31,01	11,65	2,35	1,26
QR	0-5	2	25,93	26,20	18,42	26,88	2,57	2,98	1,98
QR	5-10	1	30,73	22,05	23,92	15,64	7,66	3,17	1,98
QR	5-10	2	31,06	21,03	19,68	18,01	10,22	3,11	1,81
CN	0-5	1	83,35	7,45	1,67	1,55	5,98	5,61	4,48
CN	0-5	2	50,61	19,00	11,98	11,44	6,95	4,13	2,73
CN	5-10	1	65,20	15,69	8,18	6,44	4,49	4,86	3,67
CN	5-10	2	79,95	9,32	2,17	1,78	6,78	5,47	4,23