

LIBÉRIO JUNIO DA SILVA

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DE SOLOS E SUA RELAÇÃO COM
ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS, ÁGUAS E SEDIMENTOS MARGINAIS
COMO INDICADORES DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE ECOSISTEMAS
NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação
em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e
Agrários, para obtenção do título de Magister Scientiae.

FLORESTAL
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade Federal
de Viçosa - Câmpus Florestal

T

Silva, Libério Junio da, 1986-

S586e
2015

Estoques de carbono e nitrogênio de solos e sua relação com atributos químicos de solos, águas e sedimentos marginais como indicadores de manejo e conservação de ecossistemas na bacia do Rio Paraopeba-MG / Libério Junio da Silva. – Florestal, MG, 2015.

xvi, 118f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Marihus Altoé Baldotto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.88-101.

1. Química do solo. 2. Matéria orgânica. 3. Carbono.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.
Programa de Pós-graduação em Manejo e Conservação de
Ecossistemas Naturais e Agrários. II. Título.

CDD 22. ed. 631.41

LIBÉRIO JUNIO DA SILVA

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DE SOLOS E SUA RELAÇÃO COM
ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS, ÁGUAS E SEDIMENTOS MARGINAIS
COMO INDICADORES DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE ECOSSISTEMAS
NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação
em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e
Agrários, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 09 de Junho de 2015.

Demetrius David da Silva

Maria Celuta Machado Viana

Lilian Estrela Borges Baldotto
(Co-orientadora)

Marihus Altoé Baldotto
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em “Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários” da UFV-CAF, pela oportunidade de ensino e aprendizagem, que possibilitou o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus pais Maria Neide Silva e Oliveira Albino Silva, que tanto amo, agradeço pela confiança, força e apoio que me deram durante toda essa jornada. Obrigado por tudo, sem vocês eu não teria conseguido!

A CAPES, ao CNPq e principalmente a FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudo durante o período do mestrado.

Aos setores de Solos e de Floricultura da UFV-CAF, por terem disponibilizado toda infraestrutura necessária para que os trabalhos pudessem ser realizados.

Ao Professor Maribus Altoé Baldotto, por ter me orientado durante a realização do mestrado, o qual sempre terei grande admiração pela sua competência e pelo excelente profissional que é, agradeço pela sua paciência, confiança, dedicação, pelos ensinamentos e por todas as oportunidades concedidas durante a execução dos trabalhos. Serei sempre grato!

A equipe dos setores de Solos e de Floricultura da UFV-CAF, em especial a técnica de laboratório Débora Durães, pela sua imensa ajuda durante realização da pesquisa, pelo seu companheirismo, paciência e principalmente pelos seus ensinamentos. Muito obrigado!

Aos meus amigos, que sempre tiveram ao meu lado, nos bons e maus momentos, em especial: Jorge Rodriguez, Tamara Luciane, Luiza Vieira e Viviane Pascoal, os quais levarei comigo para toda vida. Muito obrigado, pela amizade, convivência, conversas e momentos de descontração.

E por fim, agradeço ao nosso Pai todo poderoso, “DEUS”, por ter me dado forças, paciência, por ter me guiado da melhor forma durante esse período, me ajudando nos momentos em que mais precisei. Sem Ele, não seríamos nada. E agradeço, finalmente, à todos aqueles que de alguma forma contribuíram para meu sucesso durante a execução da minha pesquisa.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE TABELAS E FIGURAS NOS ANEXOS.....	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Hipóteses	3
1.2 Justificativa	3
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivos Específicos.....	4
3 Revisão Bibliográfica.....	5
3.1 Descrição da Bacia do Rio Paraopeba.....	5
3.2 Clima.....	6
3.3 Solos no entorno da bacia do rio Paraopeba.....	7
3.4 Geomorfologia e Geologia da Região	7
3.5 Usos do Solo na Bacia do Rio Paraopeba	8
3.6 Distribuição e Usos da Água no Brasil	9
4 Transformações de Carbono e Nitrogênio no Solo e em Ambientes Aquáticos	11
4.1 Ciclo do Carbono	11
4.2 Ciclo do Nitrogênio.....	15
4.3 Fontes de emissão de CO ₂	17
4.4 Fontes Emissoras de N ₂ O.....	17
4.5 Estoques de carbono e nitrogênio no solo.....	19
4.6 Ciclagem do carbono e nitrogênio em ambientes aquáticos	23
4.7 Relação C/N	25
5 ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO E ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS DE SOLOS COMO INDICADORES DE CONSERVAÇÃO E MANEJO DE ECOSISTEMAS NA BACIA DO RIO PARAPEBA-MG	27
5.1 INTRODUÇÃO	29
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	31
5.2.1 Área de Estudo	31
5.2.2 Amostragem	32
5.3 Análises químicas do solo	34
5.3.1 Carbono orgânico do solo	34

5.3.2 Cálculo dos estoques de carbono.....	34
5.3.3 Nitrogênio total do solo.....	35
5.3.4 Cálculo dos estoques de nitrogênio	35
5.3.5 Fertilidade do solo.....	35
5.4 Análises Físicas	36
5.4.1 Densidade dos solos	36
5.4.2 Densidade de partículas.....	36
5.4.3 Porosidade Total.....	36
5.5 Análise estatística.....	37
5.6 RESULTADOS.....	37
5.6.1 Estoques de Carbono	37
5.6.2 Estoques de Nitrogênio	43
5.6.3 Relação C/N	48
5.6.4 Correlações entre os atributos químicos e físicos do solo	58
5.7 Discussão.....	61
5.7.1 Efeito da camada amostrada.....	61
5.7.2 Efeito do sistema de manejo.....	62
5.7.3 Relação com a fertilidade do solo	66
5.7.3 Implementação de técnicas de manejo	67
5.8 Conclusões	68
6 CARBONO E NITROGÊNIO INCORPORADOS A ÁGUA E AOS SEDIMENTOS MARGINAIS SOB DIFERENTES USOS DO SOLO NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA-MG	70
6.1 INTRODUÇÃO	72
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	74
6.2.1 Área de Estudo	74
6.2.2 Amostragem	74
6.3 Análises Químicas.....	76
6.3.1 Carbono Orgânico nas Águas e Sedimentos	76
6.3.2 Nitrogênio nos Sedimentos	76
6.3.3 Análises Estatísticas	76
6.4 RESULTADOS.....	77
6.4.1 Carbono Orgânico, Nitrogênio Total e Razão C/N nos Sedimentos.	77
6.4.2 Carbono Orgânico Total nas Amostras de Águas (C _{H2O}).....	78
6.4.3 Correlações de Pearson entre os atributos químicos de físicos do solo com os atributos químicos da água e dos sedimentos.....	79
6.5 Discussão.....	82

6.6 Conclusões	86
7 REFRÊNCIAS	88
ANEXOS.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia do Rio Paraopeba.....	5
Figura 2 - Usos mais comuns e frequentes dos recursos hídricos.	10
Figura 3 - Ciclo do carbono com seus respectivos estoques (em Pg de C= 10^{15} g de C).....	12
Figura 4 - Ciclo do Nitrogênio.	15
Figura 5 - Localização geográfica das áreas de amostragem da Bacia do Rio Paraopeba (MG).	33
Figura 6 - Estoques de C em todos os sistemas amostrados considerando a camada de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, nas cinco regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias	37
Figura 7 - Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Jeceaba. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; J = Jeceaba.....	38
Figura 8 - Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Brumadinho. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho.....	39
Figura 9 - Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Florestal. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; FL = Florestal.	40
Figura 10 - Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Fortuna de Minas. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; F = Fortuna de Minas.	40
Figura 11 - Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Três Marias. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; TM = Três Marias.	41
Figura 12 - Estoques de C no sistema pastagem nas diferentes regiões amostradas. PAS = pastagem; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.	41
Figura 13 - Estoques de C no sistema mata nas diferentes regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.....	42

Figura 14 - Estoques de C no sistema capoeira nas diferentes regiões amostradas. CAP = capoeira; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.43

Figura 15 - Estoques de N em todos os sistemas amostrados considerando a profundidade de 0 a 20cm e 20 a 40 cm, nas cinco regiões em estudo. MT = mata; J = Jeceaba; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.43

Figura 16 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Jeceaba. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; J = Jeceaba.....44

Figura 17 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Brumadinho. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho.....45

Figura 18 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Florestal. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; FL = Florestal.....46

Figura 19 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Fortuna de Minas. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; F = Fortuna de Minas.....46

Figura 20 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Três Marias. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; TM = Três Marias.47

Figura 21 - Estoques de N no sistema pastagem nas diferentes regiões amostradas. PAS = pastagem; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.47

Figura 22 - Estoques de N no sistema mata nas diferentes regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.48

Figura 23 - Estoques de N no sistema capoeira nas diferentes regiões amostradas. CAP = capoeira; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.48

Figura 24 - Relação C/N para todos os sistemas de uso do solo na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, nas cinco regiões em estudo. MT = mata; J = Jeceaba; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.49

Figura 25 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Jeceaba. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; J = Jeceaba.....50

Figura 26 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Brumadinho. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho.....	50
Figura 27 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Florestal. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; FL = Florestal.....	51
Figura 28 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Fortuna de Minas. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; F = Fortuna de Minas.....	51
Figura 29 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Três Marias. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; TM = Três Marias.	52
Figura 30 - Relação C/N no sistema pastagem nas diferentes regiões amostradas. PAS = pastagem; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.	52
Figura 31 - Relação C/N no sistema mata nas diferentes regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.....	53
Figura 32 - Relação C/N no sistema capoeira nas diferentes regiões amostradas. CAP = capoeira; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.	53
Figura 33 - Relação C/Ne para todos os sistemas de uso do solo na profundidade de 0 a 20 cm. MT = mata; J = Jeceaba; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.	54
Figura 34 - Relação C/Ne nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Jeceaba. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; J = Jeceaba.....	55
Figura 35 - Relação C/Ne nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Brumadinho. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho.....	55
Figura 36 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Florestal. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; FL = Florestal.....	56
Figura 37 - Relação C/Ne nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Fortuna de Minas. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; F = Fortuna de Minas.....	56

Figura 38 - Relação C/Ne nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Três Marias. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; TM = Três Marias.	57
Figura 39 - Relação C/Ne no sistema pastagem nas diferentes regiões amostradas. PAS = pastagem; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.	57
Figura 40 - Relação C/Ne no sistema mata nas diferentes regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.....	58
Figura 41 - Relação C/Ne no sistema capoeira nas diferentes regiões amostradas. CAP = capoeira; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.	58
Figura 42 - Localização geográfica dos pontos de coleta de água e sedimentos nas margens da Bacia do Rio Paraopeba (MG).....	75
Figura 43 - Teores de C nos sedimentos das diferentes regiões amostradas no entorno da bacia do Rio Paraopeba (MG).	77
Figura 44 - Teores de N nos sedimentos das diferentes regiões amostradas no entorno da bacia do Rio Paraopeba (MG).	78
Figura 45 - Razão C/N nos sedimentos das diferentes regiões amostradas no entorno da bacia do Rio Paraopeba (MG).....	78
Figura 46 - Teores de C nas águas da bacia do Rio Paraopeba (MG).....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais fontes de N ₂ O para a atmosfera durante a década de 1990.....	18
Tabela 2 - Matriz de correlações de Pearson para as variáveis ⁽¹⁾ estudadas.....	60

LISTA DE TABELAS E FIGURAS NOS ANEXOS

TABELA 1 - Análises químicas dos solos da região de Jeceaba ⁽¹⁾	103
TABELA 2 - Análises químicas dos solos da região de Brumadinho ⁽¹⁾	103
TABELA 3 - Análises químicas dos solos da região de Fortuna de Minas ⁽¹⁾	104
TABELA 4 - Análises químicas dos solos da região de Florestal ⁽¹⁾	104
TABELA 5 - Análises químicas dos solos da região de Três Marias ⁽¹⁾	105
TABELA 6 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do solo com os atributos químicos da água e dos sedimentos.....	106
TABELA 7 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema capoeira, considerando a profundidade de 0 a 20 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos....	107
TABELA 8 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema capoeira, considerando a profundidade de 20 a 40 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos..	108
TABELA 9 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema capoeira, considerando a média das profundidades, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.	109
TABELA 10 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema pastagem, considerando a profundidade de 0 a 20 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos....	110
TABELA 11 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema pastagem, considerando a profundidade de 20 a 40 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos..	111
TABELA 12 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema pastagem, considerando a média das profundidades, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.	112
TABELA 13 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema mata, considerando a profundidade de 0 a 20 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos....	113
TABELA 14 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema mata, considerando a profundidade de 20 a 40 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos..	114
TABELA 15 - Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema mata, considerando a média das profundidades com os atributos químicos da água e dos sedimentos.	115
FIGURA 1 - Pastagens das cinco regiões amostradas: A- Brumadinho; B- Jeceaba; C- Três Marias; D- Fortuna de Minas; E-Florestal.....	135
FIGURA 2 - Matas das cinco regiões amostradas: A-Três Marias; B- Fortuna de Minas; C- Florestal; D- Brumadinho; E- Jeceaba.....	136

FIGURA 3 - Capoeiras das cinco regiões amostradas: A- Brumadinho; B- Jeceaba; C- Fortuna de Minas; D- Florestal.....	137
---	-----

RESUMO

SILVA, Libério Junio. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Junho de 2015. **ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DE SOLOS E SUA RELAÇÃO COM ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS, ÁGUAS E SEDIMENTOS MARGINAIS COMO INDICADORES DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE ECOSISTEMAS NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA-MG** Orientador: Marihus Altoé Baldotto. Co-orientadoras: Lílían Estrela Borges Baldotto e Hermínia Emilia Prieto Martinez

O avanço das fronteiras agrícolas, caracterizado pela substituição de ecossistemas naturais por áreas cultivadas, vem tomando força nas últimas décadas, levando a alterações na qualidade do solo e na dinâmica da matéria orgânica do solo e dos ecossistemas aquáticos. Sabe-se que o solo é um importante reservatório de carbono (C) e nitrogênio (N) e, em função do manejo, parte desse reservatório pode ser liberado (perdido) para a atmosfera e/ou hidrosfera, contribuindo para o aumento das concentrações de gases do efeito estufa (GEE). Assim, o efeito de práticas de manejo de solo sobre esses componentes necessita de melhor entendimento, visando a identificação de um sistema com potencial de reter C atmosférico no solo e contribuir para a mitigação do aquecimento global. Dessa forma, a primeira etapa deste trabalho foi quantificar os estoques de carbono (EC), os estoques de nitrogênio (EN), bem como a relação carbono e nitrogênio (C/N) e correlacioná-las com fundamentais atributos físicos e químicos do solo. As amostras de solo foram coletadas em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm), no período de agosto a novembro de 2013, em cinco municípios ao longo da bacia do Rio Paraopeba (MG): Jeceaba, Brumadinho, Fortuna de Minas, Florestal e Três Marias, os quais correspondem ao alto, médio e baixo Paraopeba. Os valores de EC, EN e a relação C/N tiveram seus maiores resultados nas camadas subsuperficiais. Dentre as regiões avaliadas a de Fortuna de Minas foi que concentrou os maiores EC ($411,5 \text{ Mg ha}^{-1}$), acumulando cerca de 27% mais C que as demais localidades em estudo. Para EN, a região de Florestal foi a que apresentou o maior valor ($30,6 \text{ Mg ha}^{-1}$), alocando cerca de 26% mais N em relação às demais regiões. As razões C/N entre os teores e os estoques desses elementos (C/N e C/Ne) tiveram seus maiores valores encontrados na região de Florestal e Fortuna de Minas, respectivamente. Os menores valores foram observados em Três Marias. Os EC e EN correlacionaram positivamente com a fertilidade do solo. Com relação ao uso (mata, pastagem e capoeira), o sistema mata foi o mais eficiente no acúmulo de C e N, e também o que obteve maior razão C/N, indicando ser o ecossistema de estoque de C mais estável. O sistema menos eficiente para estocar C foi à pastagem. A segunda etapa desse trabalho consistiu na avaliação dos teores de C e N incorporados aos sedimentos e a água no entorno da bacia do Rio

Paraopeba, em cada região de amostragem, sob diferentes usos do solo. Também foi estimada a relação C/N nos sedimentos localizados nas margens do rio. A amostragem foi realizada nos cinco municípios supracitados; durante o mesmo período (agosto a novembro de 2013). Verificou-se que os teores de C variaram de 4,75 a 5,97 g kg⁻¹ tendo a região de Fortuna de Minas apresentado o maior valor e a de Três Marias o menor. Os teores de N variaram de 0,73 a 1,08 g kg⁻¹ tendo a região de Florestal apresentando o maior teor e a de Três Marias o menor. Já para a relação C/N os valores variaram de 5,15 a 21,25, com a região de Brumadinho apresentando o maior valor e a de Florestal o menor. As análises de correlação mostraram que os atributos químicos da água e dos sedimentos correlacionaram-se de forma significativa com atributos químicos e físicos do solo. Assim, os estoques e as estabilidades de carbono e nitrogênio em solos, sedimentos e água foram indicadores sensíveis para a avaliação de manejo e conservação de ecossistemas ao longo da Bacia do Rio Paraopeba.

ABSTRACT

SILVA, Libério Junio. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2015. **STOCKS OF CARBON AND NITROGEN OF SOIL ITS RELATIONSHIP WITH CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL, WATER AND SEDIMENT MARGINAL AS INDICATORS OF MANAGEMENT AND CONSERVATION OF ECOSYSTEM IN RIVER BASIN PARAPEBA-MG** Advisor: Maribus Atoé Baldotto. Co-advisors: Lílían Estrela Borges Baldoto and Hermínia Emilia Prieto Martinez.

The advance of the agricultural frontier, characterized by the replacement of natural ecosystems by cultivated areas, has gained strength in recent decades, leading to changes in soil quality and dynamics of soil organic matter and aquatic ecosystems. It is known that the soil is an important carbon sink (C) and nitrogen (N) and, depending on the management, part of this reservoir can be released (lost) into the atmosphere and / or hydrosphere, contributing to increased concentrations of greenhouse gases (GHG). Thus, the effect of soil management practices on these components requires better understanding, aimed at identifying a system with potential to sequester atmospheric C in the soil and contribute to the mitigation of global warming. Thus, the first stage of this study was to quantify carbon stocks (CE), nitrogen stocks (NE), as well as carbon and nitrogen ratio (C/N) and correlates them with fundamental physical and chemical soil properties. Soil samples were collected from two depths (0-20 cm and 20-40 cm) in the period from August to November 2013 in five counties along the basin of the river Paraopeba (MG): Jeceaba, Brumadinho, Fortuna de Minas, Florestal and Três Marias, which correspond to high, medium and low Paraopeba. The CE, NE and C/N ratio had their greatest results in subsurface layers. Among the areas evaluated: Fortuna de Minas was that concentrated the largest EC (411.5 Mg ha^{-1}), totaling about 27% more C than other locations under study. For NE, the Florestal region was the one with the highest value (30.6 Mg ha^{-1}), allocating about 26% more N than the other regions. The ratio C/N between levels and inventories of these elements (C/N and C/Ne) had its highest values found in the area of Florestal and Fortuna de Minas respectively. The lowest values were observed in Três Marias. The CE and NE positively correlated with soil fertility. Regarding the use, the system forest was the most efficient in the accumulation of C and N, and also got higher C/N ratio, indicating that the stock of ecosystem C more stable. The less efficient system to store C was to pasture. The second stage of this work was to evaluate the C and N contents incorporated into sediments and water in the vicinity of the Paraopeba basin river in each sampling area under different land uses. It was also estimated C/N ratio in sediments located on the river banks. Sampling was conducted in the five aforementioned municipalities; during the same

period (August-November 2013). It was found that the C content ranged from 4.75 to 5.97 g kg⁻¹. The N content varied from 0.73 to 1.08 g kg⁻¹ with the Forest region having the highest content and the Três Marias the lower. The C/N values ranged from 5.15 to 21.25 with Brumadinho region having the largest value and Florestal the smallest. Correlation analysis showed that the chemical properties of water and sediments correlated significantly with chemical and physical soil properties. Thus, stocks and carbon and nitrogen stability in soils, sediments and water were sensitive indicators to evaluate management and conservation of ecosystems along the Paraopeba Basin river.

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são ambientes naturais aquáticos e terrestres, definidos por limites topográficos e compostos por sistemas biológicos, físico-químicos, econômicos e sociais, sendo assim unidade fundamental para a o levantamento, manejo e conservação do solo (RIBAS et al., 2008).

A bacia hidrográfica do Rio Paraopeba situa-se a sudeste do estado de Minas Gerais e abrange uma área de 12.054 km². Tem sua nascente localizada no município de Cristiano Ottoni e sua foz no lago da represa de Três Marias. A bacia ocupa cerca de 2,5% do estado de Minas Gerais, abrangendo 48 municípios, exibindo paisagens e realidades socioeconômicas e ambientais bem diversificadas. Quanto á sua biodiversidade, a mesma se encontra inserida em uma área de transição entre Mata Atlântica e Cerrado, possuindo diversas espécies da fauna e da flora, algumas já ameaçadas de extinção (CIBAPAR, 2010).

Dada á sua grande importância socioeconômica e ambiental, é necessário analisar as práticas de manejo no entorno desta bacia, pois a ocupação do solo determina a manutenção dos ecossistemas naturais e, conseqüentemente, a sustentação dos sistemas econômicos. Dentro desse contexto, os estoques de carbono e a química de solos, sedimentos e águas são indicadores naturais de possíveis perturbações nestes sistemas, permitindo avaliações qualitativas e quantitativas. Essas avaliações possibilitam avaliar e refletir sobre o uso passado, bem como planejar e monitor o presente e o futuro, com o objetivo de melhor adequar a aptidão e uso, visando também o desenvolvimento e a alocação de políticas públicas para a proteção ambiental (STUMM & MORGAN, 1996; BALDOTTO, 2010). A matéria orgânica apresenta uma estreita relação com as demais propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Assim sendo, práticas de manejo que visem a preservação e o incremento da mesma no solo ao longo do tempo (BALDOTTO et al., 2006), se tornam fundamentais para aumentar a fertilidade do solo a longo prazo (FREIXO, 2002).

Segundo La Scala Jr. et al. (2006), o estoque de carbono tem sido utilizado como indicador ambiental, principalmente para melhor esclarecer o balanço de carbono entre as geosferas. A maneira natural para o sequestro do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico é sua fixação por meio da fotossíntese e armazenamento no compartimento solo.

A compreensão dos mecanismos que governam a estabilidade do carbono no solo torna-se, portanto, um problema atual, principalmente no âmbito das mudanças climáticas globais, onde os solos e suas formas de uso estão em foco, sobretudo no que se refere à agricultura. Os

solos agrícolas podem atuar como dreno ou fonte emissora de gases do efeito estufa (GEE), dependendo do sistema de manejo a que forem submetidos (IPCC, 2001). Em solos com intenso revolvimento, ou seja, com a utilização de práticas agrícolas convencionais, além das perdas por erosão ocorre também aumento da atividade microbiana pela maior exposição dos resíduos aos microrganismos e suas enzimas. Atualmente, a abertura de novas áreas de floresta para implantar sistemas agropecuários não é desejável. Isto devido a dois momentos de forte emissão de CO₂ para a atmosfera: um no desmatamento seguido da queimada e outro, com o preparo do solo pela aração seguida de sucessivas gradagens niveladoras para adequar a superfície do solo para receber as sementes. Para se ter uma ideia, o preparo do solo pela aração pode resultar em até 81,3 g m⁻² de CO₂ emitidos para a atmosfera num período de 5 h (BATJES, 1999).

De acordo com Kern & Johnson (1993) e Bayer & Bertol (1999), diversos estudos têm demonstrado que o uso de práticas conservacionistas, com pouco ou nenhum revolvimento do solo, favorecem o incremento de matéria orgânica, assim como a estruturação do solo.

Segundo Souza e Barbosa (2011), vários são os problemas acarretados pelo inadequado uso e manejo dos solos, dentre os quais se podem enumerar: degradação do solo (salinidade, perda de matéria orgânica), lixiviação e perda de nutrientes por erosão, perda de biodiversidade e atividade microbiológica, diminuição da recarga dos lençóis freáticos, redução no sequestro de C (estoques), etc. Nesse sentido, devido a íntima relação entre manejo de solos e qualidade da água, deve ser dada atenção especial ao uso e manejo dos solos, destacadamente, no momento em que ocorrem problemas qualitativos e quantitativos com recursos hídricos na Região de Florestal, no estado de Minas Gerais, no Brasil e no Mundo (FREDERIKSEN, 1996; JURY et al., 2007; HANJRA et al., 2010).

Atualmente, o principal problema vinculado ao uso inadequado do solo gira entorno da expansão agrícola através da derrubada de florestas para o pastejo intensivo de gado. Segundo Machado (2005), a maior parte dos desmatamentos ocorridos na Amazônia Legal (que abrange os Estados do Amazonas, Acre, Roraima, Rondônia, Pará, Amapá, Mato Grosso, Tocantins e parte do Maranhão) são devidos à conversão da floresta em pastagens.

Portanto, a adoção de sistemas de manejo que proporcionem um aumento na adição de resíduos vegetais e a retenção de C no solo como a integração lavoura, pecuária e floresta, se constituem em alternativas importantes para aumentar a capacidade de dreno de C-CO₂ e mitigação do aquecimento global (BALDOTTO, et al., 2010). Compreender os impactos e propor alternativas de manejo para a bacia do Rio Paraopeba pode, analogamente, possibilitar

estratégias para que as áreas degradadas na região desse estudo possam ser recuperadas e, também, para que redes de informação sejam formadas entre as regiões brasileiras, para o intercâmbio de tecnologias.

1.1 Hipóteses

A matéria orgânica do solo (MOS) é o principal indicador da qualidade de um sistema produtivo, que por sua vez está diretamente relacionada às características químicas, físicas e biológicas. Porém, a atividade que envolve a mudança de uso da terra como, por exemplo, o desmatamento e determinadas práticas agrícolas, diminuem os estoques de carbono (EC) e, conseqüentemente, causam sérios impactos negativos ao ambiente. Diante dessa problemática, os EC influenciam diretamente a qualidade do solo e estão relacionados com as práticas de manejo adotadas. Áreas intensamente modificadas tendem a acumular menos C, tornando-se menos férteis em virtude da perda de MOS. Dessa forma, os EC, assim como os estoques de nitrogênio (EN) e, também, a fertilidade do solo se tornam indicadores naturais de possíveis perturbações ocorridas em um determinado sistema, possibilitando avaliar o uso passado, para propor estratégias de manejo para o presente e monitorá-las no futuro.

1.2 Justificativa

Em virtude da importância socioeconômica e ambiental do uso e ocupação do solo no entorno da bacia do Rio Paraopeba, é fundamental o conhecimento das práticas existentes em determinadas regiões ao longo do rio, especialmente em áreas agrícolas. Assim sendo, as avaliações dos processos de manejo possibilitam a tomada de decisão atual e a geração de tecnologia de manejo na região em estudo a projetaria para redes de intercâmbio de conhecimento, com o objetivo de melhor adequar aptidão e uso, visando também o desenvolvimento e a alocação de políticas públicas para a proteção ambiental.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Determinar e avaliar os estoques de carbono (EC), estoques de nitrogênio (EN), razão entre carbono e nitrogênio (C/N) e a fertilidade de solos amostrados do entorno da Bacia do Rio Paraopeba, além de atributos da água e dos sedimentos retirados da margem do rio.

2.2 Objetivos Específicos

- A) Quantificar e relacionar os EC, EN, a razão C/N e a fertilidade do solo em diferentes sistemas de manejo (Pastagem, Mata nativa e Capoeira) em cinco municípios localizados ao longo do rio, os quais correspondem ao alto, médio e baixo Paraopeba.
- B) Propor formas de manejo mais adequadas que possam evitar a perda de C do solo, mitigando o efeito estufa e melhorando a conservação deste recurso natural.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Descrição da Bacia do Rio Paraopeba

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba situa-se a sudeste do estado de Minas Gerais e abrange uma área de 12.054 km². O Rio Paraopeba, cujo significado na língua Tupi corresponde “rio de águas rasas e de pouca profundidade”, tem como principais afluentes da margem direita: rio Maranhão, rio Pequeri, ribeirão Casa Branca, ribeirão Grande, ribeirão Sarzedo, ribeirão Betim, ribeirão Macacos, ribeirão Cedro, ribeirão São João; e na margem esquerda: rio Brumado, rio da Prata, rio Macaúbas, rio Manso, ribeirão Serra Azul e rio Pardo, além de ser também um dos mais importantes tributários do rio São Francisco, percorrendo da sua nascente, em Cristiano Ottoni, até a sua foz no lago da represa de Três Marias, no município de Felixlândia, 510 km. Segundo o comitê da bacia do rio Paraopeba CIBAPAR, (2010), o rio abrange uma área que corresponde a 2,5% da área total do estado de Minas Gerais como mostrado na (Figura 1).

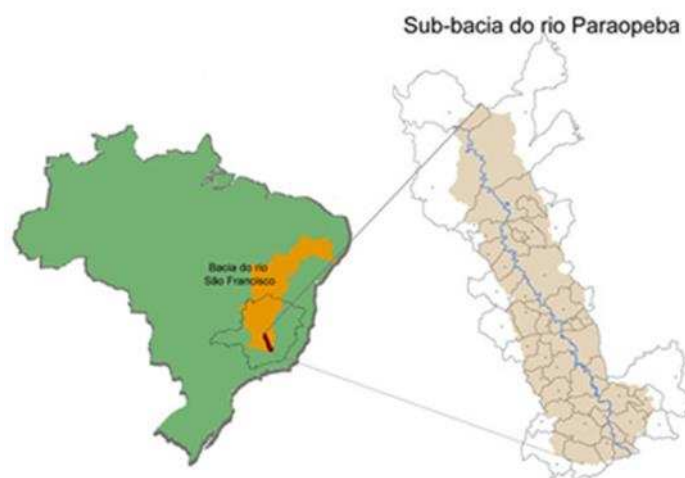


Figura 1 - Bacia do Rio Paraopeba.

Fonte: Cibapar (2010).

Cerca de 1,4 milhão de pessoas vivem na bacia, a qual abrange 48 municípios, exibindo paisagens, culturas, economias e realidades socioeconômicas e ambientais muito diversas. O território da bacia hidrográfica do rio Paraopeba está inserido em uma área de transição entre os biomas Cerrados e Mata Atlântica e possuem diversas espécies da fauna e flora, algumas já ameaçadas de extinção. Podem ser destacadas dentro da bacia: Reservas

Particulares do Patrimônio Natural (RPPN's), Unidades de Conservação, como o Parque Estadual da Serra do Rola Moça e, ainda, outras reservas ambientais como a Gruta Rei do Mato, em Sete Lagoas, e a área de proteção ambiental Vargem das Flores, em Contagem (CIBAPAR, 2010).

A Bacia do rio Paraopebas é de grande importância para o estado de Minas Gerais, principalmente para a região metropolitana de Belo Horizonte, que tem 53% da sua população servida por águas dessa bacia hidrográfica, por meio dos sistemas integrados da COPASA: Sistemas Várzea das Flores, Serra Azul e Rio Manso. Com os seus 510 km de extensão a qual corresponde a nascente em Cristiano Ottoni até a foz em Felixlândia, no lago de Três Marias, a natureza no seu entorno revela diferentes características físicas, bióticas, climáticas, econômicas e de ocupação. As menores altitudes, maiores temperaturas e menor densidade demográfica do Alto para o Baixo Paraopeba (CIBAPAR, 2010).

3.2 Clima

A bacia do rio Paraopeba apresenta temperatura média anual variando entre 19 e 23° C, sendo as menores temperaturas encontradas na porção sul, devido as maiores altitudes, ocorrendo um aumento da mesma a medida que se alcança latitudes mais baixas. Tais valores indicam temperaturas medianas e elevadas durante quase todo ano, sendo o mês de janeiro o mais quente com temperaturas oscilando entre 28° e 30°C, e no mês mais frio, como julho, as médias oscilam em torno dos 8° e 10°C (CIBAPAR, 2010).

Os índices pluviométricos anuais variam, de forma geral, entre 1.700 mm nas cabeceiras da bacia a 1.150 mm na região próxima à barragem de Três Marias, sendo o regime pluviométrico típico de regiões tropicais, com ocorrência dos valores máximos mensais no período de verão e dos mínimos no inverno (CPRM, 2001).

Na bacia do Rio Paraopeba são encontrados três tipologias climáticas, segundo a classificação de Köpen, as quais são listadas a abaixo:

- A) Cwb - clima temperado brando com verão ameno (temperatura média do mês mais quente inferior a 22° C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C); a estação seca é coincidente com o inverno.

- B) Cwa - clima temperado brando com verão quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22° C) e inverno brando (temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C); a estação seca corresponde ao inverno.
- C) Aw - clima tropical chuvoso, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média do mês mais frio é sempre superior a 18° C.

3.3 Solos no entorno da bacia do rio Paraopeba

Sabe-se que o solo é um sistema aberto, com permanente troca de matéria e energia com o meio, e complexo, em virtude de uma densa rede de relações entre os subsistemas que o compõe, representados pelos resíduos orgânicos de origem vegetal, animal e os produtos das transformações destes resíduos, realizadas pelos macro e micro-organismos (FARIA et al., 2008). O solo é um meio poroso com estrutura e biologicamente ativo, que se desenvolveu e continua se desenvolvendo na crosta da superfície terrestre.

Os solos da bacia do Rio Paraopeba são marcados por exploração agrícola, pastagens, ocupação urbana, cerrado e mata nativa. É observado também ao longo de sua extensão, pequenos plantios de eucalipto, além de áreas de solos exposto e com erosão laminar aparente em alguns trechos e assoreamento, marcados pelas atividades em torno da bacia, principalmente na extração de areia (CIBAPAR, 2010).

Ocorrem na bacia em estudo as classes de solo: Argissolo, Cambissolo, Latossolo e Neossolo Litólico (CIBAPAR, 2010).

3.4 Geomorfologia e Geologia da Região

A região apresenta rochas do tipo granito-gnáissicas, sendo caracterizadas por formas de relevo do tipo suave ondulado, onde predominam as unidades morfopedológicas denominadas colinas e cristas com domínio de Argissolos com associações de Cambissolos. Observam-se essas ocorrências na bacia do rio Catuaba de Cima, a montante do rio Camapuã, nas bacias do rio Brumado, no ribeirão da Pedra e, em maiores extensões, na região de Belo Vale, Moeda e Piedade dos Gerais. Os Cambissolos ocorrem de forma mais contínua nas colinas e cristas da bacia do rio Camapuã e na bacia do rio Grande. Os Latossolos, em associação com Argissolos, são encontrados nas colinas que formam os interflúvios dos rios

Nova Ponte, Brumado, Grande e, também nas bacias dos rios Maranhão, Manso e do rio Camarão (CIBAPAR, 2010) .

O Quadrilátero Ferrífero coincide com pequenas áreas da bacia e é representado na área por cristas estruturais, escarpas e vertentes íngremes com declividades altas e afloramentos quartzíticos, com predominância de Neossolos Litólicos (CIBAPAR, 2010).

3.5 Usos do Solo na Bacia do Rio Paraopeba

No aspecto econômico, as atividades também são distintas nas três regiões da bacia: Alto, Médio e Baixo Paraopeba. No Alto Paraopeba, onde estão localizados os municípios de Conselheiro Lafaiete, Congonhas, Ouro Branco, Jeceaba e Belo Vale, as atividades econômicas se baseiam na mineração e siderurgia. Algumas áreas dessa região estão inseridas no Quadrilátero Ferrífero, com jazidas de minerais, sobretudo o Ferro, de excelente qualidade (CIBAPAR, 2010).

Na região do Médio Paraopeba, onde estão localizados vários municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Betim, parte de Contagem, Ibirité, Sarzedo, São Joaquim de Bicas, Igarapé, Juatuba, Mateus Leme, Florestal, Esmeraldas, Mário Campos e Brumadinho, etc.) há uma rica diversidade industrial, com destaque para grandes indústrias dos ramos automobilístico, petroquímico e alimentício. A mineração de ferro também está presente nessa região, sobretudo nas serras de Itatiaiuçu, Serra Azul e Farofas, que ainda pertencem ao Quadrilátero Ferrífero. Há expressivas extrações de areia na região de Esmeraldas e Brumadinho, e produção de hortaliças em Sarzedo, Igarapé, Mário Campos e Rio Manso (CIBAPAR, 2010).

Na região do Baixo Paraopeba, onde se situam municípios como Sete Lagoas, Paraopeba, Caetanópolis, Fortuna de Minas, Maravilhas, parte de Curvelo, Pompéu e Felixlândia, a ocupação é mais rarefeita, e as atividades econômicas se relacionam com a extração de ardósia e produção de biomassa (eucaliptos) para siderúrgicas da região. É uma região com potencial desenvolvimento no ramo energético, sendo visada para a geração de energia hidrelétrica (uma grande unidade, a UHE Retiro Baixo, encontra-se em fase de instalação no rio Paraopeba, no município de Pompéu), exploração de gás natural e agronegócio sucroalcooleiro (CIBAPAR, 2010).

3.6 Distribuição e Usos da Água no Brasil

O Brasil está entre os países do mundo que dispõe de mais recursos hídricos, mas enfrenta atualmente problemas de distribuição, acesso e saneamento, com prejuízos a saúde e ao bem estar da população. Segundo especialistas, o volume total de água na Terra é de aproximadamente 1,4 bilhões de quilômetros cúbicos, mas, de acordo com o Relatório Global sobre Desenvolvimento e Água 2014, produzido pela Organização das Nações Unidas (ONU), apenas 2,5 % desse total (cerca de 35 milhões) é de água doce. Descontando destes, o volume que se encontra na forma de gelo (aproximadamente 2%) e aquele que se encontra no subsolo, tudo o que resta da água acessível do planeta, disponível em rios e lagos, é praticamente 3%. Por isso, o valor da água é incalculável (FILHO et al., 2014).

No Brasil, durante muitos anos convivem-se com a visão da abundância da água no país, mas a situação atual é grave e preocupa o cenário observado em 2015. A crise hídrica resulta de três grandes vertentes: a mudança climática, a grande intervenção antrópica dos biomas no Brasil e aos fatores socioeconômicos. Em relação, os fatores socioeconômicos, o incremento da população, a maior necessidade de alimentos e a expansão da fronteira agrícola aumentaram a demanda por água. O setor de agronegócio consome mais de 80% de água no Brasil (IGAM, 2015).

Sabe-se que o território brasileiro possui 12% das reservas de água fresca do mundo, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2012). Essa realidade não é capaz de minimizar os problemas dos recursos hídricos, que vão da distribuição ao acesso, são 40 milhões de brasileiros sem acesso à água potável, 21 milhões desses em áreas rurais; além disso, apenas 46% dos domicílios brasileiros têm coleta de esgoto.

A água apresenta múltiplas funcionalidades, os usos mais comuns e frequentes dos recursos hídricos são (Figura 2): água para irrigação, industrial e abastecimento doméstico.

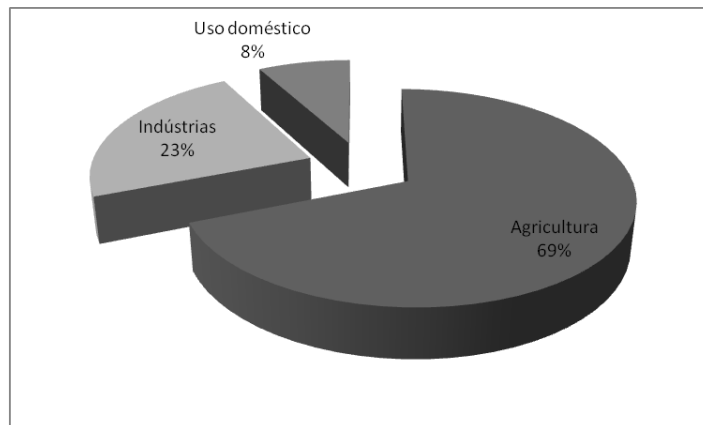


Figura 2 - Usos mais comuns e frequentes dos recursos hídricos.

Fonte: Filho et al.(2014)

Estes usos estão se acelerando em todas as regiões, continentes e países. Eles aumentam à medida que as atividades econômicas se diversificam e as necessidades de água aumentam para atingir níveis de sustentação compatíveis com as pressões do consumismo, da produção industrial e agrícola (CNRH, 2015). Segundo Filho et al. (2014), a agricultura é o maior consumidor de água doce, sendo responsável por cerca de três quartos do consumo mundial. Se a população aumentar em 65% nos próximos 50 anos, como é previsto, cerca de 70% dos habitantes do planeta enfrentarão deficiências no suprimento de água, e 16% deles não terão água bastante para produzir sua alimentação básica.

Segundo o IGAM (2015) a sub-bacia hidrográfica do rio Paraopeba é caracterizada principalmente pela presença dos seguintes tipos de uso dos recursos hídricos: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, mineração, dessedentação de animais, pesca e piscicultura. Estes usos estão relacionados às atividades econômicas dominantes na sub-bacia. Em relação às outorgas vigentes, a distribuição dos usos é bastante irregular ao longo da bacia do rio Paraopeba. O alto e médio curso concentram os usos diversos, com destaque para o abastecimento humano, indústria e mineração. Já o baixo curso concentra principalmente o uso para irrigação e dessedentação de animais.

Em Minas Gerais, a redução do volume total de água nos reservatórios do Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores, que compõe o sistema Paraopeba, fez com que a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSEM, 2015), por meio da Portaria Nº 013 de 08 de abril de 2015, declarasse situação crítica de escassez hídrica superficial na porção hidrográfica localizada no

reservatório rio Manso e a sua bacia de contribuição, autorizando o reajuste das tarifas de água de esgoto da Copasa para 2015.

Foi aprovado um rejunte de 15,04%, como medida para evitar o desperdício de água, uma vez que os índices de água no rio Paraopeba (principal contribuinte para a região metropolitana) estão cada vez mais baixos. Dessa forma, os usos humanos e animais ao redor da bacia do rio Paraopeba, tais como: irrigação, mineração e indústria, e demais atividades, tiveram de encolher em 20%, 25% e 50%, respectivamente, para evitar problemas maiores à população da região metropolitana quanto a falta de água (ARSEM, 2015).

4 Transformações de Carbono e Nitrogênio no Solo e em Ambientes Aquáticos

4.1 Ciclo do Carbono

No solo o ciclo do carbono é muito complexo, pois, ao mesmo tempo em que os microrganismos atuam degradando carboidratos complexos, os mesmos sintetizam corpos do mesmo tipo e mesma constituição celular, o que dificulta a separação entre os compostos intermediários da degradação e os da síntese. Em termos globais o ciclo do carbono ocorre por meio de todos os principais reservatórios de carbono da terra: a atmosfera, a Terra, os oceanos e outros ambientes aquáticos, os sedimentos e rochas, e a biomassa como representado esquematicamente abaixo (Figura 3).

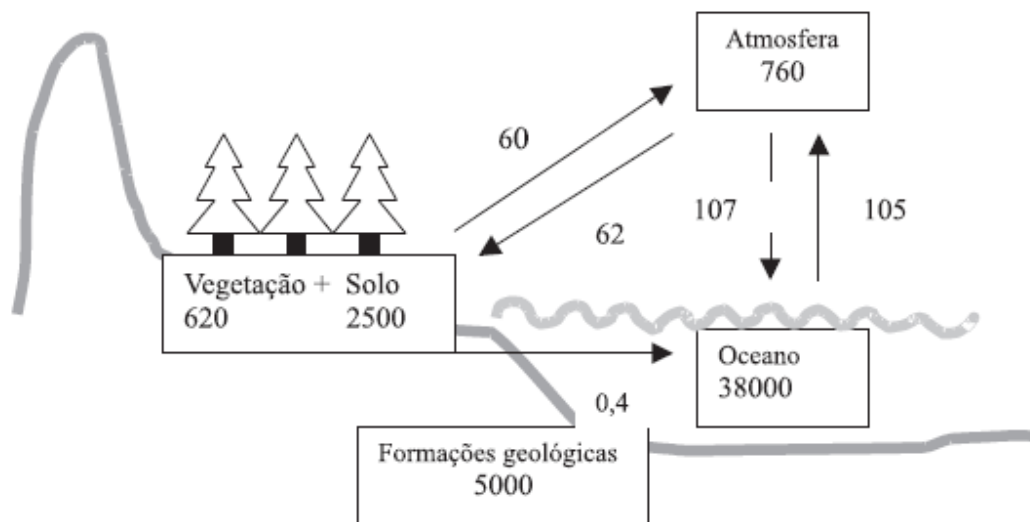


Figura 3 - Ciclo do carbono com seus respectivos estoques (em Pg de C = 10^{15} g de C).

Fonte: Machado (2005).

De acordo com a figura constata-se que o maior compartimento de carbono na Terra é aquele presente nos oceanos com 38.000 Pg de C. O compartimento de carbono do solo (2.500 Pg de C) é o maior nos ecossistemas terrestres (aproximadamente 4 vezes o compartimento de C da vegetação e 3,3 vezes o carbono da atmosfera) e é constituído pelo carbono orgânico (1.500 Pg de C) e mineral (1.000 Pg de C), segundo Machado (2005).

Do ponto de vista dos seres vivos, a maior parte do carbono orgânico é encontrado em plantas terrestres, constituindo o principal sítio de fixação fotossintética de CO_2 . Entretanto há uma maior quantidade de carbono armazenado na matéria orgânica morta, denominada húmus, do que nos organismos vivos (RODRIGUES, 1993).

O húmus consiste numa mistura complexa de compostos orgânicos, derivados de microrganismos de solo mortos, que resistiram à decomposição, juntamente com a matéria orgânica vegetal. Algumas substâncias do húmus são relativamente estáveis e de difícil decomposição, enquanto outras se decompõem mais rapidamente (STEVENSON, 1994).

O ciclo do carbono no solo pode ser então dividido em três fases (STEVENSON, 1994):

A) Fase anabólica ou de organização do CO_2 atmosférico, realizada, principalmente, pelos vegetais fotossintetizantes;

B) Fase de liberação dos produtos fotossintetizados e de sua acumulação e estabilização no solo;

C) Fase de mineralização dos substratos orgânicos e de transferência de CO₂ à atmosfera.

O mecanismo mais rápido de transferência global do carbono ocorre por intermédio do CO₂ atmosférico. O mesmo é removido da atmosfera pela fotossíntese das plantas terrestres e microrganismos marinhos, sendo então devolvido a atmosfera por meio da respiração de animais e microrganismos quimiorganotróficos. A contribuição mais importante do CO₂ para a atmosfera é a decomposição microbiana da matéria orgânica morta, incluindo o húmus (LAL, 2004).

Nas últimas décadas, as atividades antrópicas têm provocado uma série de alterações na paisagem terrestre e, mais recentemente, na atmosfera. O aumento da emissão de GEE e o consequente aquecimento global do planeta vêm acarretando a busca por estratégias que visem à redução das fontes desses gases. Sabe-se que alguns sistemas agrícolas ou condições de manejos adotados podem potencializar ou mitigar a emissão de GEE para a atmosfera (MACHADO, 2005).

As principais estratégias para mitigar a emissão de GEE resultantes de atividades antrópicas consistem na menor utilização de combustíveis fósseis, redução das taxas de desmatamento e de queima de material vegetal, uso inadequado do solo e, por fim, estratégias de maximização do sequestro de C no solo e na vegetação. Sabe-se que o C se encontra armazenado na MOS. Entretanto, o material orgânico no solo é facilmente decomposto pela atividade microbiana quando se realizam práticas de manejo não conservacionistas, causando agravamento no efeito estufa, devido a liberação de CO₂, como produto final da respiração dos microrganismos. Portanto, o aumento nos EC é um processo lento e necessita de um manejo adequado, principalmente em regiões de clima tropical, onde a taxa de decomposição da MOS é mais acentuada em virtude das altas temperaturas e umidade do solo (LAL, 2004).

Os EC melhoram as características físicas do solo uma vez que o mesmo permite maior estabilidade do sistema poroso, aumentando a capacidade do solo em suportar cargas sem sofrer compactação adicional, pois aumentam a força de união entre as partículas, aumentando a estabilidade dos agregados. Além disso, proporcionam maior circulação de ar e retenção de água (FOLLETT, 2001). Vários trabalhos são encontrados na literatura

enfatizando o efeito benéfico dos EC nas propriedades físicas do solo. Calonego et al. (2012), ao estudar os EC e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo, verificaram que regiões com solos compactados e com baixa cobertura vegetal tinham implicações diretas na densidade, porosidade e no teor de MO no solo e, concomitantemente nos EC.

Quanto às características químicas, Ciotta et al. (2003) em seu estudo sobre a matéria orgânica e o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) em solos de argila de baixa atividade, revelou a forte relação entre os EC e a CTC. Segundo o mesmo autor, a CTC é o fator de proteção da matéria orgânica, e em sistemas florestais os elevados valores de CTC são de suma importância para aumentar os EC e vice versa, ou seja, maior estoque, maior CTC, maior fertilidade. Bayer & Bertol (1999), observaram também forte relação entre os EC e a CTC ao avaliar as características químicas de um Cambissolo Húmico afetado por sistemas de preparo. Eles verificaram que a CTC efetiva do solo foi relacionada com o pH e com os teores de carbono, em dag/kg ($CTC \text{ efetiva} = -13,53 + 3,58 \text{ pH} + 3,5 \text{ C}$, $R^2 = 0,76$), demonstrando ser a matéria orgânica um contribuinte importante para os atributos químicos do solo. Carneiro et al. (2009), ao avaliar os atributos químicos, físicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo, verificou que os manejos promoveram alterações na densidade do solo, volume total de poros, macroporos e resistência do solo à penetração, e além disso áreas com baixo aporte de MO, apresentavam menores EC no perfil e aumento na taxa de efluxo de CO_2 para a atmosfera. O mesmo autor também observou que os atributos biológicos do solo foram alterados pelos sistemas de manejo, sendo mais prejudicados em sistemas com maior revolvimento do solo.

Em relação aos atributos biológicos, a microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo, a biomassa microbiana e sua atividade têm sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (TRANNNIN et al., 2007).

Segundo Siqueira et al. (2013), a biomassa microbiana pode ser enquadrada como o compartimento central do ciclo do C e representa considerável reservatório de nutrientes nos solos e atributo fundamental para o estudo de ciclagem de nutrientes, em diferentes ecossistemas. De acordo com Chaer & Tótolá (2007), os indicadores microbiológicos podem ser de grande importância na avaliação precoce de eventuais efeitos adversos do manejo sobre

a qualidade do solo, o que permite a adoção antecipada de medidas corretivas ou de controle, além de permitir identificar o que ocorre com o sistema de manejo em curso, ou seja, se contribui para aumentar ou diminuir a sustentabilidade do sistema de produção.

Dessa forma, o aumento nos EC proporciona melhorias na qualidade dos solos, uma vez que o mesmo proporciona melhor agregação de partículas e aumento de porosidade, garantindo, concomitantemente, um aumento na fertilidade, principalmente de solos distróficos, como é o caso dos Latossolos, caracterizados pela sua baixa fertilidade em virtude da presença de óxidos de ferro e alumínio e, também, pela baixa CTC.

4.2 Ciclo do Nitrogênio

O N é um elemento essencial para o funcionamento dos ecossistemas, principalmente nos agrícolas, que dependem do suprimento de N para garantir os níveis exigidos de produtividade, sendo, depois de C, H e O, o nutriente mais exigido pelas plantas (KHUSH, 2001). Por outro lado, na fração orgânica, o N representa a forma indisponível do elemento no ambiente, sendo a sua disponibilidade dependente da mineralização da MOS. O ciclo do nitrogênio se encontra esquematizado na figura 4 e, consta das seguintes etapas: fixação biológica, nitratação, nitrosação e assimilação por plantas e bactérias.

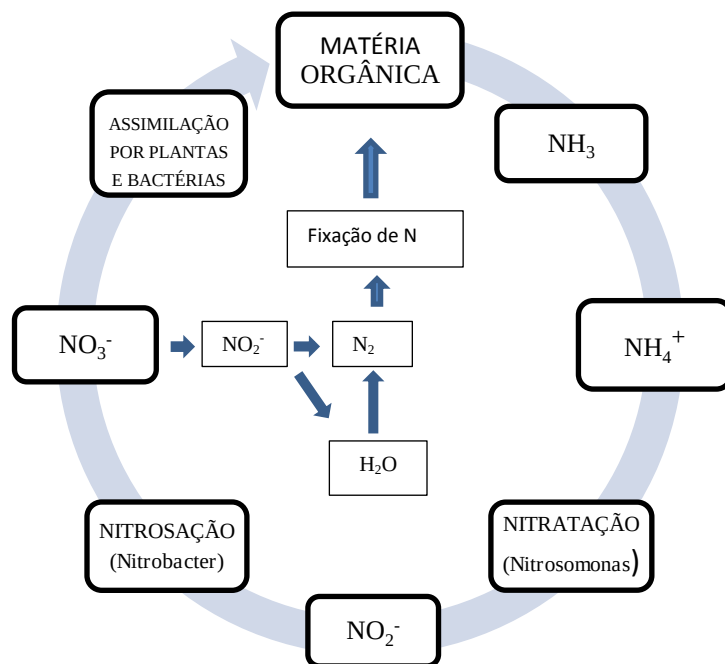
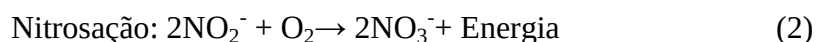


Figura 4 - Ciclo do Nitrogênio.

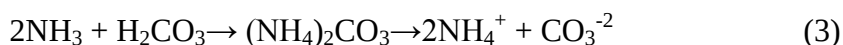
Fonte: Stvenson, 1994.

A reciclagem de N na Terra envolve, em grande parte, as formas fixas de N, como amônia (NH_3) e o nitrato (NO_3^-). Em muitos ambientes, no entanto, a pouca disponibilidade desses compostos favorecem a fixação biológica do N (MADIGAN, 2010).

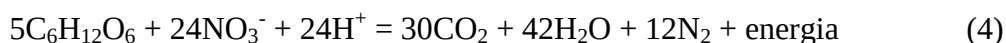
A nitratação representa a oxidação aeróbica de amônio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-) (MADIGAN, 2010). O processo é realizado por bactérias quimioautotróficas e ocorre em duas etapas: nitratação, na qual o NH_4^+ é oxidado a nitrito (NO_2^-) por ação de *Nitrosomonas* sp. e *Nitrosococcus* sp.; e nitroação, onde o NO_2^- é oxidado a NO_3^- por *Nitrobacter* sp. e *Nitrococcus* sp. (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). De modo geral, a nitrificação pode ser resumida nas seguintes equações:



A amônia é produzida durante a decomposição de compostos orgânicos nitrogenados, como aminoácidos e nucleotídeos. Em pH levemente ácido (6,8), a amônia (NH_3^0) converte-se na forma de íon amônio (NH_4^+). Nos solos, a maior parte da NH_3^0 liberada na decomposição aeróbica é rapidamente reciclada e convertida em NH_4^+ e, então, em aminoácidos nas plantas e nos microrganismos. No entanto, uma vez que a NH_3^0 é volátil, parte dela pode ser perdida pelos solos mais próximos da neutralidade ou alcalinos por volatilização, com as principais perdas para a atmosfera ocorrendo em áreas contendo densas populações de animais (p. ex., pastagens de gado) (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Portanto, em termos globais, a NH_3^0 representa somente cerca de 15% do nitrogênio liberado para a atmosfera, o restante correspondendo principalmente a N_2 ou N_2O provenientes da desnitrificação. A equação de amonificação é esquematizada abaixo:



Ainda segundo Moreira & Siqueira (2006), na maioria das condições, o produto final da redução do nitrato é N_2 , NO ou N_2O . A redução do nitrato a compostos de nitrogênio gasoso, denominada desnitrificação, é mediada por bactérias anaeróbicas facultativas, que representam 0,1 a 5% da população total de bactérias do solo. Essa via é a principal maneira pela qual o N_2 gasoso é formado biologicamente. A desnitrificação pode ser resumida conforme a seguinte equação:



Dessa forma, tanto as reações de nitrificação como as de desnitrificação são amplamente afetadas pelas características do solo, como aeração, umidade, temperatura, fertilizantes, matéria orgânica, relação C/N e presença de fatores tóxicos aos microorganismos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

4.3 Fontes de emissão de CO₂

As emissões de CO₂ do solo para a atmosfera ocorrem por meio de dois processos: o primeiro consiste na decomposição de resíduos orgânicos e o segundo na respiração de organismos e sistema radicular das plantas. Dessa forma o balanço de C no solo é dependente da relação entre as adições de C fotossintetizados pelas plantas e as perdas de carbono para a atmosfera resultantes da oxidação microbiana do C orgânico a CO₂ (COSTA et al., 2008).

O manejo do solo afeta as taxas metabólicas dos microorganismos nos processos de decomposição dos resíduos vegetais e da MOS, as quais também são influenciadas pela temperatura e umidade (LA SCALA Jr. et al., 2006). Dentro desse contexto merece destaque a temperatura, a qual pode elevar exponencialmente as taxas de respiração do solo. Dadas as diferenças de temperatura em diversas regiões do globo, a produção de CO₂ no solo também é variável, geograficamente. Em regiões de clima mais quente, as taxas de respiração do solo são intensificadas e, anualmente, a emissão de carbono pode chegar a 1400 Mg km⁻² (14 Mg ha⁻¹), em localidades presentes em regiões tropicais (RAICH et al., 2003).

Carvalho et al. (2010), afirmam a necessidade de se examinar a capacidade dos solos em estocar ou perder carbono, o que, por sua vez, requer entender o quanto de C está estocado nos solos e o quão rapidamente ele pode ser estabilizado ou desestabilizado. Assim sendo, a diminuição da quantidade de MO que é depositada ao solo, oxidada precocemente pelo inadequado manejo, tem contribuído com aproximadamente 70 Pg de C para a atmosfera no forma de CO₂, em virtude de mudanças no uso da terra para a agricultura. Assim, atualmente cerca de 1,2 Pg de C são lançados na atmosfera devido a alterações nos sistemas de uso e manejo dos solos agrícolas (SAUERBECK, 2001).

4.4 Fontes Emissoras de N₂O

A emissão de N₂O para a atmosfera é resultado de atividades antrópicas e naturais (Tabela 1). As fontes naturais (solos de vegetação nativa, oceanos e atmosfera) são

responsáveis por 62% das emissões deste GEE. Os 38 % restantes são resultantes de atividades antrópicas, na qual a agricultura é a principal fonte e representa 41,8% da emissão. Os solos com vegetação natural são responsáveis pela maior emissão global de N₂O, contribuindo com 37,3% da emissão total, enquanto a agricultura participa com 15,8% (DENMAN, 2007).

Tabela 1. Principais fontes de N₂O para a atmosfera durante a década de 1990.

FONTE	N-N₂O (Tg ano⁻¹ de N)
Fontes Antrópicas	
Queima de combustíveis fósseis e processos industriais	0,7
Aeronaves	-
Agricultura	2,8
Queima de biomassa e biocombustíveis	0,7
Excretas humanas	0,2
Rios, estuários e zonas costeiras	1,7
Deposição atmosférica	0,6
Total antrópico	6,7
Fontes naturais	
Solo sob vegetação nativa	6,6
Oceanos	3,8
Relâmpagos	-
Química atmosférica	0,6
Total natural	11
Total	17,7

Fonte: Denman, (2007).

De acordo com Robertson & Grace (2004), as concentrações de N₂O na atmosfera vem aumentando significativamente nas últimas décadas, devido principalmente ao maior uso de adubações nitrogenadas, conversão de áreas de floresta em agricultura e pastagem e ao aumento das queimadas. As atividades agrícolas têm grande participação nas emissões de N₂O para atmosfera, sendo a nitrificação e desnitrificação os principais processos responsáveis pela emissão do solo. Esses processos são altamente dependentes da disponibilidade de oxigênio, umidade, temperatura do solo e do ar e da disponibilidade de N (JANTALIA et al., 2006).

Estudos têm mostrado que as maiores taxas de emissão de N₂O do solo, têm sido observadas quando há deposição de resíduos com baixa relação C/N, em sistemas perturbados, associado à ocorrência de chuva, e logo após a adubação nitrogenada (JANTALIA et al., 2006). Gomes et al. (2009), enfatizam que as emissões se intensificam em

condições de umidade adequada e elevada temperatura do solo e do ar, uma vez que nessas condições a intensa atividade microbológica no solo, acelera o processo de decomposição da matéria orgânica, afetando consequentemente a dinâmica do N. Isso porque a temperatura e a umidade do solo afetam diretamente os processos de nitrificação e desnitrificação e estão entre os fatores abióticos mais influenciados pelos sistemas de manejo do solo. Contudo o conhecimento do perfil de emissões permite a avaliação do impacto no meio ambiente e a implantação de ações de mitigação.

4.5 Estoques de carbono e nitrogênio no solo

O solo é um dos principais compartimentos que mais armazena C na Terra, principalmente nos primeiros centímetros da camada superior, armazenando 2,5 vezes mais C que a própria vegetação terrestre (RANGEL et al., 2007). Nesse sentido, segundo Bernoux et al. (2002), mudanças nos EC do solo podem causar impactos significativos na concentração de CO₂ na atmosfera, e a possibilidade de aumentar a quantidade de C armazenada no solo é de grande interesse. Em regiões de clima tropical, as condições climáticas favorecem a decomposição da matéria orgânica do solo, armazenando menos C em relação a regiões de clima temperado. Apesar dessa maior taxa de decomposição de MOS, os solos em regiões de clima tropical estocam 32 % do total de C orgânico contido nos solos do planeta (CARVALHO et al., 2006).

No Brasil, o EC corresponde a cerca de 5% do total de C estocado no mundo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, sendo que a maioria das áreas apresenta estoques entre 3 a 6 kg m⁻² de C conforme mencionado por Bernoux et al. (2002). Dessa forma, diante da dimensão do território brasileiro este valor varia de acordo com a localização geográfica, passando assim a ter influência considerável nos EC. Diante do pressuposto, pode-se observar que regiões com elevada quantidade de C no solo estão associadas à presença de solos úmidos (Pantanal ou Bacia Amazônica) ou em regiões de clima mais ameno (Região Sul). Já na região nordeste, como o clima é semiárido, observa-se baixos EC. Na região Amazônica, as áreas de floresta densas apresenta elevados EC no solo que áreas de floresta menos densa.

As principais formas pelas quais o C é sintetizado na Terra são a fixação fototrófica e quimiolitotrófica de CO₂, a maior parte do C é oriunda da fotossíntese. Por meio dos produtos da fotossíntese, grande parte do C entra no solo. Os vegetais são os principais responsáveis

pela adição ao solo de compostos orgânicos primários sintetizados no processo de fotossíntese, onde dependendo da quantidade de resíduos depositados no solo poderá resultar em incremento no teor de C no mesmo (FARIA et al., 2008).

Sabe-se que, dependendo do uso e manejo, o solo pode atuar como dreno, pelo acúmulo de C na forma de matéria orgânica ou fonte emissora de CO₂ para atmosfera (IPCC, 2001). Esse panorama tem mudado com a incorporação de práticas conservacionistas, que como proposto por Lal (2004), podem acumular valores na ordem de 30 a 60 Pg de C num período de 25 a 50 anos de cultivo, podendo assim recuperar praticamente todo o C perdido em curto período de tempo. Entretanto, alguns sistemas de uso e manejo da terra em diferentes biomas do Brasil, como o sistema de plantio direto, o sistema de integração lavoura, pecuária e floresta, a adoção de reflorestamentos, o manejo das pastagens, a colheita de cana-de-açúcar, entre outros, podem alterar consideravelmente os EC e a emissão de GEE do solo para a atmosfera e, conseqüentemente, ser importante no que se refere à mitigação do aquecimento global do planeta (CARVALHO, 2006).

Segundo Duiker & Lal (2000), as taxas de adição e a qualidade do C da vegetação dependem muito das variáveis climáticas, tais como, a temperatura, a qual merece destaque especial no fluxo de CO₂, uma vez que acréscimos podem elevar exponencialmente a taxa de respiração do solo e devido a isso, solos sem cobertura vegetal permite incidência direta de raios solares que por sua vez intensifica a atividade microbiana aumentando a emissão de CO₂ dos solos para a atmosfera. Dependem também do tipo de vegetação, da umidade e da fertilidade do solo.

O tipo de solo também tem papel fundamental no processo de estocagem de carbono. Solos com altos teores de argila segundo Silva (2012), apresentam maiores teores de C, devido a capacidade da MOS formar diferentes tipos de ligações com partículas com elevada superfície específica, tais como, as frações de argila, favorecendo a proteção coloidal da MOS.

Ainda segundo Silva (2012), em solos com maiores teores de argila a floculação das argilas e a formação de agregados estáveis são favorecidas. Como consequência, ocorre a proteção física proporcionada pela oclusão da MOS dentro dos agregados, dificultando ou impedindo o acesso dos microrganismos e suas enzimas, e em micro poros onde até mesmo o fluxo difusivo de O₂ é dificultado, resultando na maior preservação da MOS.

Os solos arenosos por possuírem reduzida superfície específica e densidade de carga superficial fazem com que esta partícula apresente pouco ou nenhum material orgânico fortemente ligado, sendo pobre em complexos organominerais, o que implica em maior quantidade de C prontamente disponível aos microrganismos, o que resulta em menor teor de C nos solos com maior teor de (ZINN et al., 2005).

Nos grandes biomas brasileiros como Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, os EC são alterados em virtude das práticas agrícolas que ocorrem nessas regiões (CERRI et al., 2006). Na Amazônia brasileira as queimadas são apontadas como as maiores emissoras de GEE, em virtude da conversão de grandes áreas de floresta em pastagem, as quais quando bem manejadas são capazes de sequestrar C no solo (CARVALHO et al., 2010). Segundo Moraes et al. (1996), acúmulos de C no solo na ordem de 2,7 a 6,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ têm sido relatados em pastagens bem manejadas na região amazônica, isso porque o uso de gramíneas forrageiras possui alta capacidade de aumentar o estoque e distribuir o C na subsuperfície do solo. Dessa forma, não se pode esquecer da importância da vegetação nativa nessa região no que diz respeito ao sequestro de C no sistemas solo-planta-atmosfera. Assim, segundo Cerri et al. (2006), a floresta amazônica, mesmo sob pastagem, é capaz de acumular aproximadamente 3,5 Tg ano⁻¹ de C.

No bioma Cerrado, grande parte da vegetação original foi explorada, principalmente nas chapadas, para ceder lugar a pastagens ou culturas anuais. Quando a vegetação original é o cerrado nativo, as reduções no teor de C orgânico em decorrência de intervenções antrópicas têm sido menores do que em solos sob mata (ZINN et al., 2005), podendo, até mesmo, haver a manutenção dos teores iniciais (SILVA, 1997). Em áreas de Cerrado, ainda existe a possibilidade de sistemas específicos, como as pastagens e o plantio direto, aumentarem os teores de C orgânico, contribuindo para o sequestro do C atmosférico, ao contrário dos sistemas convencionais, com revolvimento sistemático do solo, que tendem a atuar em sentido oposto (CORAZZA et al., 1999). De acordo com Bustamante et al. (2006), se toda a área degradada de pastagens no Cerrado fosse recuperada com melhoria de manejo, tanto do solo como da forrageira, resultaria numa taxa estimada de acúmulo de C no solo de 1,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, o que resultaria em acúmulo de 36 Tg ano⁻¹ de C, que pode aumentar ainda mais quando se adota sistemas como o de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF).

Na Mata Atlântica brasileira, o sequestro de C por meio do reflorestamento é outra opção para mitigar as emissões de GEE nesse bioma. A proporção de C imobilizado pelas

florestas está relacionada, entre outros fatores, ao seu crescimento e sua idade (CIESLA et al., 1995). Avaliando-se o potencial de sequestro de C no bioma Mata Atlântica nas camadas de 0 a 20 cm, observa-se que a mesma tem a capacidade de armazenar em torno de 144 a 154 Tg ano⁻¹ de C, chegando a um potencial de sequestro de 3 Pg de C, após 20 anos. Isso mostra a fundamental importância de melhorar as práticas de manejo nesse bioma, principalmente por meio da implantação de práticas de reflorestamento, recuperação de pastagens degradadas e eliminação do fogo em cultivos de cana-de-açúcar, os quais quando não bem manejados podem atuar como emissores potenciais de GEE (CARVALHO et al., 2010; BALDOTTO et al., 2010). Os EC do solo são um dos indicadores de qualidade do solo, que pode ser definido como a capacidade deste de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais. Esta abordagem leva em consideração não apenas o papel do solo na produção agrícola, mas também a sua participação em funções específicas no ecossistema, das quais depende a sustentabilidade em longo prazo. A restauração da qualidade do solo após a ocorrência de processos de degradação relaciona-se diretamente com o restabelecimento dessas funções (CIESLA et al., 1995).

O N é um importante nutriente para as plantas, o qual, assim como o C, se encontra associado a moléculas orgânicas do tecido vegetal. Os EN do solo são controlados especialmente pelas condições climáticas e pela vegetação, assim como o C. Em solos sob clima tropical, a concentração de N total pode variar entre 0,02 e 0,4%, podendo, em casos extremos de solos orgânicos, chegar a até 2% conforme mencionado por Stevenson, (1994). No solo a maior parte do N se encontra na forma orgânica (mais de 95%), sendo a MOS um importante reservatório de formas potencialmente disponíveis de N para os vegetais, principalmente o N nítrico ($N-NO_3^-$) e o amoniacal ($N-NH_4^+$). A mineralização da MOS, a qual engloba os processos de aminação e amonificação, é responsável, por ano, pela conversão de 2 a 5% do N orgânico em mineral. Segundo Moreira & Siqueira (2006) e D'Andrea et al. (2004), esse processo é regulado pelo uso e manejo do solo, notadamente pelas espécies que são incluídas nos esquemas de rotação de culturas, de modo que o maior uso de leguminosas e a implantação de espécies com maior produção de biomassa causam maior armazenamento de N total no solo (MIELNICZUK et al., 1999).

4.6 Ciclagem do carbono e nitrogênio em ambientes aquáticos

Segundo Trumbore (2006), o carbono orgânico dissolvido (COD) pode ser definido como uma fração de carbono orgânico que passa por um filtro de 0,1 a 0,7 μm de diâmetro, sendo constituído por uma variedade de compostos, tais como aminoácidos, carboidratos, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos de baixo peso molecular, ácidos húmicos e fúlvicos. Os horizontes orgânicos do solo (O/A, B e C), a água subterrânea, as zonas ribeirinhas e a decomposição do material originado dentro do sistema, determinam as concentrações e os fluxos de COD nos ecossistemas aquáticos (HINTON et al., 1998).

O C orgânico em água doce origina-se da matéria viva e também como componente de vários efluentes e resíduos. Sua importância ambiental deve-se ao fato de servir como fonte de energia para bactérias e algas, além de complexar metais (THURMAN, 1985). Os maiores fluxos de COD ocorrem entre a atmosfera e os sistemas terrestres e aquáticos, através da precipitação, como fluxos na ordem de 0,4 Gt ano⁻¹ de C e entre os continentes e os oceanos, através da exportação pelos rios, com fluxos variando entre 0,4 a 0,9 Gt ano⁻¹ de C (HOPE et al., 1994).

Schimel (1995) relata que o maior EC do planeta se encontra nos oceanos, com aproximadamente 700 Gt. Por outro lado, os menores EC são encontrados nas soluções do solo, com 1,1 Gg, na água subterrânea, com 8,0 Gg, e em rios e lagos, com 1,1 Gg (MOORE, 1997). Ainda segundo Moore (1997), a taxa de exportação continental de COD é de aproximadamente 2 g m⁻² ano⁻¹.

Estudos em microbacias de regiões temperadas, envolvendo áreas florestadas e antropizadas, não conseguem gerar um modelo consensual em relação aos efeitos nas concentrações e exportação de COD, resultantes da perturbação (HOPE et al., 1994). Mayer & Tate (1983), registraram uma redução na exportação de COD em uma microbacia perturbada em relação a uma bacia florestada, ao passo que, Moore (1989), em um estudo na região de Nova Zelândia, observou um aumento na exportação na microbacia perturbada. Esse fato pode estar relacionado a diferentes mecanismos de exportação dessas bacias ou a influência de diversas fontes de COD e das diferentes vias hidrológicas percorridas pela água durante os eventos de precipitação (HINTON, 1998).

Alterações nesses fluxos causadas pelo homem, tanto temporalmente quanto espacialmente, são mais facilmente perceptíveis em escalas menores, pois nas maiores um maior número de processos, às vezes antagônicos, pode ocorrer. Dessa forma, estudos em microbacias tem sido uma oportunidade para entender os processos naturais e/ou aqueles causados pelas ações antropogênicas (BORMANN; LIKENS, 1967).

O N desempenha um importante papel nos processos ecológicos terrestres e aquáticos, por ser um elemento essencial a todos os seres vivos e ao mesmo tempo é altamente limitante, sendo, portanto um elemento chave na determinação da produtividade nos ecossistemas e na qualidade das águas (DODDS et al., 2000). Em virtude de sua importância como nutriente limitante, vários estudos têm sido feitos sobre a distribuição e fluxo de N em ambientes lóticos (CASTRO, 2007).

No ambiente aquático o N encontra-se principalmente como nitrogênio orgânico particulado (NOP), nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) e nitrogênio inorgânico dissolvido (NID). O nitrogênio orgânico é constituído por diversos compostos orgânicos nitrogenados tais como detritos de bactérias, fitoplâncton e zooplâncton, moléculas de peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos etc.: (ESTEVES, 1998). O NID consiste na somatória dos íons amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-), sendo o nitrito em ambientes oxigenados ocorrendo em baixas concentrações (LEWIS, 1999).

Os aportes de N nos rios são controlados principalmente pelas características intrínsecas da bacia de drenagem tais como hidrologia, geomorfologia, cobertura vegetal e tipo de solo (DOWNING, 1999; CAMPBELL et al., 2004). Em relação às vias hidrológicas, a mesma pode ser o maior fator influenciador da retenção de N e dos padrões temporais de transporte desse elemento nas bacias florestadas, pois a movimentação da água dentre os vários compartimentos do ecossistema é considerada um dos principais processos responsáveis pela redistribuição dos nutrientes (NEILL et al., 2001).

Os efeitos da cobertura vegetal no processo de retenção do N devem-se às diferenças na assimilação/fixação de N pelas plantas e na qualidade da serapilheira produzida e pela razão C/N, uma vez que elevadas razões C/N geralmente resultam em maior imobilização e, consequentemente, em menor lixiviação de N (CAMPBELL et al., 2004).

Estudos realizados em microbacias em regiões de florestas temperadas mostraram que o NOD foi, na maioria das vezes, a forma predominantemente encontrada (NEILL et al.,

2001). Vitousek (2003), afirma que em microbacias alteradas por mudanças no uso do solo, como práticas agrícolas e urbanização, a forma inorgânica (NID), principalmente o nitrato, é predominante. Em regiões de clima tropical, acredita-se que os maiores fluxos específicos de N são decorrentes não somente das maiores precipitações observadas nesses ambientes, mas também da maior abundância e, conseqüentemente, de uma limitação mais branda em relação ao N (ABER et al., 1995). Como consequência, o N seria menos retido nos sistemas terrestres tropicais em relação aos sistemas terrestres temperados (CAMPBELL et al., 2000).

Modificações do ciclo do N tem sido bem documentadas segundo Howarth (1996), e relacionadas ao processo de saturação de N nas florestas tropicais. Essa saturação de N resulta em uma série de defeitos deletérios dentro os quais se destaca o excesso de lixiviação de nitrato para os rios e conseqüentemente, um aumento das exportações de N dos continentes para os oceanos o que acelera os processos de eutrofização das áreas estuarinas e costeiras (VITOUSEK et al., 1997).

Assim sendo, qualquer alteração no ciclo do C e N tem efeitos diretos nos ecossistemas aquáticos, uma vez que os mesmos estão envolvidos não só em processos de produção de biomassa, mas também nos processos relacionados ao seu consumo. Sendo assim, vários trabalhos (Torres et al., 1998; Dillon et al., 1997), tem demonstrado que medidas sobre a disponibilidade de C e N dissolvidos são muito úteis para o entendimento das interações tróficas. Dessa forma, o estudo do C e do N nos ecossistemas aquáticos tem sido utilizado para a caracterização destes ambientes quanto ao seu grau de eutrofização bem como para caracterizar a origem da matéria orgânica, ou ainda observar sua influência em diferentes tipos de “inputs” nesses ecossistemas (DOWING et al., 1999).

4.7 Relação C/N

A relação C/N é um indicador importante da decomposição da MOS, dando informação sobre o estado de humificação. O teor de MOS está intimamente relacionado ao teor de C, sendo a mineralização do N correlacionada com o teor de C no solo. No solo, a proporção de C e N se estabiliza a uma relação C/N aproximada à dos microrganismos, visto que estes assimilam a MOS para compor a maior proporção absoluta da sua biomassa e são os principais responsáveis pela ciclagem desses elementos no solo. Em solos agrícolas, a relação

C/N normalmente varia entre 10 e 12 (ANDERSON & DOMSCH, 1989), dependendo das formas adotadas de manejo. Em geral, são mais baixos em solos de zonas áridas, com pouca chuva, que aqueles de zonas úmidas, quando as condições de temperatura são semelhantes LUCHESE et al. (2002). Há tendência em decréscimo na relação C/N no perfil de solo com aumento da profundidade MELLO et al. (1983). De acordo com as características do solo o decréscimo na relação C/N com o aumento da profundidade no perfil pode ser mais ou menos acentuada, dependendo do solo COSTA (2004). A relação C/N afeta a disponibilidade de N no solo RAIJ (1983). A aplicação de N mineral em grande quantidade, por exemplo, pode aumentar a mineralização de C orgânico no solo, embora não represente o aumento do EN no solo, causando ligeiras alterações na relação entre os elementos (SHEVTSOVA et al., 2003).

Já em ambientes aquáticos a razão C/N tem sido utilizada na distinção da matéria orgânica sedimentar originada de algas e de plantas terrestres e, além disso, ela é um indicativo do grau de alteração diagenética e biológica da matéria orgânica (TYSON, 1995). Segundo Muller (2004), animais contêm mais proteínas do que vegetais, e algas marinhas mais do que vegetais terrestres superiores, porém os vegetais superiores terrestres são responsáveis pela maior contribuição de matéria orgânica em ambientes aquáticos, apresentam menos proteínas, cerca de 20% e, conseqüentemente, apresentam altas razões C/N.

Saito et al.(1989), sugerem que a razão C/N com valores na ordem de 20, representam matéria orgânica de origem continental e entre 5 e 7 como proveniente de zooplâncton e fitoplâncton.

De modo geral a relação C/N nos solos também se aproxima da mesma faixa dos estoques mundiais de C e N nos solos: foram estimados 1.548 Pg de C e 140 Pg de N, resultando em uma relação média igual a 11 (BATJES, 1996).

5 ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO E ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS DE SOLOS COMO INDICADORES DE CONSERVAÇÃO E MANEJO DE ECOSSISTEMAS NA BACIA DO RIO PARAPEBA-MG

RESUMO

O solo é um sistema vivo, heterogêneo, multifásico e sensível a perturbações antrópicas. Suas propriedades químicas, físicas e biológicas estão intimamente relacionadas à qualidade dos ecossistemas e, podem fornecer informações para a sua compreensão, o manejo e conservação. Assim, o estudo do impacto da adoção de diferentes sistemas de manejo é essencial na definição de melhores estratégias de uso do solo. Este estudo teve por objetivo avaliar os estoques de carbono (EC) e nitrogênio (EN), bem como a razão entre carbono e nitrogênio (C/N) em solos no entorno da bacia do Rio Paraopeba-MG, considerando três usos: Mata nativa, Pastagem e Capoeira, e correlacioná-los com atributos químicos e físicos do solo, visando à obtenção de estratégias de manejo e conservação. As amostras de solo foram coletadas no período de agosto a novembro de 2013, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm para a avaliação dos EC, EN e da razão C/N. Para a determinação dos teores de C, utilizou-se o método de Walkley & Black e para os N o método de Kjeldahl. Os resultados mostraram que os valores de EC variaram de 7,69 a 205,43 Mg ha⁻¹, os de N de 0,81 a 13,24 Mg ha⁻¹ e a razão C/N de 2,15 a 70,30. Os maiores valores para os EC, EN e razão C/N foram verificados, em sua maioria, nas camadas subsuperficiais (20-40 cm). Dentre as regiões amostradas, os maiores EC foram verificados em Fortuna de Minas, a qual se mostrou mais eficiente no sequestro de C. Para os EN e a razão C/N, os maiores valores ocorreram na região de Florestal. E os menores na região de Três Marias. A partir da análise de correlação, constatou-se que os valores de EC e EN aumentaram simultaneamente com o Ca²⁺, CTC e SB. Com relação ao uso, em média, para as regiões amostradas, os maiores EC, EN e razão C/N foram verificados no sistema mata estabelecendo-se as seguintes sequências: Mata > Pastagem > Capoeira, Mata > Pastagem > Capoeira e Mata > Capoeira > Pastagem para os EC, EN e razão C/N, respectivamente. Dessa forma os EC, EN e a razão C/N se mostraram indicadores sensíveis das alterações decorrentes da adoção de diferentes sistemas de uso e manejo sobre o comportamento da matéria orgânica no solo, possibilitando concluir que sistemas que incluem florestas na estratégia de manejo são mais sustentáveis.

Palavras-chave: Matéria orgânica, mudanças climáticas globais, uso do solo e mudanças no uso do solo.

STOCKS OF CARBON AND NITROGEN AND ANALYSIS CHEMICAL AND PHYSICAL SOIL AS INDICATORS OF CONSERVATION AND ECOSYSTEM MANAGEMENT IN RIVER BASIN PARAPEBA-MG

ABSTRACT

The soil is a living system, heterogeneous, multi-phase and sensitive to human disturbance. Its chemical, physical and biological properties are closely related to the quality of ecosystems and can provide information to their understanding, management and conservation. Thus, the study of the impact of the adoption of different management systems is essential for defining better land use strategies. This study aimed to evaluate carbon stocks (CE) and nitrogen (NE) and the ratio of carbon and nitrogen (C/N) in soils surrounding the basin of the river Parapeba- MG, considering three uses: Native Forest , Pasture and Capoeira, and correlate them with chemical and physical properties of the soil in order to obtain management and conservation strategies. Soil samples were collected in the period from August to November 2013, in the of 0-20 cm and 20-40 cm depths for the evaluation of CE, NE and C/N ratio. For the determination of the contents of C and N, we used the method of Black & Walkley and N Kjeldahl respectively. The results showed that the CE ranged from 7.69 to 205,43 Mg ha⁻¹, N 0.81 to 13.24 Mg ha⁻¹ and C/N ratio varied from 2.15 to 70.30. The highest values for the CE, NE and C/N ratio were observed, mostly in subsurface layers (20-40 cm). Among the regions sampled the largest CE were observed in Fortuna de Minas, which was more efficient in sequestering C. For NE and the C/N ratio, the higher values occurred in the Florestal region. And the smaller the Três Marias region. From the correlation analysis, it was found that the EC and EN increased simultaneously with the Ca²⁺, CTC and SB. Regarding the use, on average, to the sampled regions, the largest EC, EN and C/N ratio were recorded in the forest system by establishing the following sequences: Forest> Pasture> Capoeira and Forest> Capoeira> Pasture to the EC and C/N ratio respectively. Thus the CE, NE and C/N ratio were sensitive indicators of changes resulting from the different use and management systems on the behavior of organic matter in the soil, making it possible to conclude that systems that include forests in management strategy are more sustainable.

Keywords: organic matter, global climate change, land use and changes in land use.

5.1 INTRODUÇÃO

O estudo da matéria orgânica do solo é um dos fundamentais indicadores de qualidade de um sistema e estão diretamente relacionados às características químicas, físicas e biológicas do solo. Segundo Zinn et al. (2005); Jobbagy & Jackson (2000), muitos trabalhos têm demonstrado que a estabilidade do C orgânico nos solos não é apenas controlada pela estrutura molecular da matéria orgânica do solo, mas principalmente por fatores ambientais e biológicos. Dessa forma, uma possível alteração no uso da terra ou na prática de manejo pode modificar consideravelmente os EC e EN no solo e, com eles, a qualidade do ecossistema (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1994).

Dentre os fatores ambientais, a classe de solo tem influência direta nos valores de EC, uma vez que solos argilosos promovem uma maior proteção da MOS, diminuindo o acesso dos microorganismos, em virtude dos poros, os quais são pequenos, dificultando até mesmo a difusão de gases. O tipo de argila também interfere nos valores de EC. As argilas de alta atividade, do tipo 2:1 são mais eficientes na proteção do material orgânico, em virtude do seu ajuste face a face e de sua alta capacidade adsortiva, a qual retém mais moléculas orgânicas na matriz do solo quando comparadas a argilas mais intemperizadas do tipo 1:1. Além disso, as argilas 2:1 promovem maior aumento da CTC que é o fator principal de proteção da MOS (FERREIRA et al., 1999). Já em solos arenosos, por possuírem poros maiores, facilitam o acesso da microbiota do solo ao material orgânico, permitindo assim a oxidação da MOS e redução nos teores de C (BALESDENT, 2000).

Com relação aos fatores biológicos, em solos com cobertura vegetal natural o C encontra-se em equilíbrio dinâmico, quando as taxas de entrada e saída são análogas, ou seja, as perdas e ganhos de CO₂ da respiração e absorção tendem a se compensarem ao longo do tempo. Essa condição é alterada quando o solo é submetido ao cultivo, atingindo, dessa forma, um novo estado de equilíbrio que varia de acordo com sistema de manejo adotado (STEVENSON, 1994).

A utilização de práticas de manejo convencionais com intenso revolvimento do solo e eliminação da cobertura vegetal da superfície conduz a um aumento da temperatura e aeração do solo, os quais associados ao rompimento dos agregados podem estimular a atividade microbiana, com consequente aumento da taxa de decomposição da matéria orgânica do solo (JANTALIA, 2006).

É comum observar que solos sob vegetação nativa costumam ter menor densidade e maior EC, além de uma melhor estabilidade de agregados e condutividade hidráulica quando comparado com solos que recebem cultivo intensivo (POST et al., 2000).

No caso das pastagens, a possibilidade de aumento de C no solo é favorecida pelo sistema radicular das gramíneas, que além de abundante e volumoso, apresenta continua renovação, fatores que disponibilizam um aumento na quantidade de matéria orgânica no solo (LAL, 2002).

Estudos realizados em pastagens no Brasil têm mostrado diferentes respostas para C e N no solo, de acordo com as práticas de manejo adotadas. No bioma Cerrado, as pastagens implantadas em substituição à vegetação nativa promovem a manutenção dos estoques de MOS, e aquelas submetidas a boas práticas de manejo, às vezes, permitem maior estocagem de C no solo do que sob a vegetação original (ROSCOE et al., 2003).

Segundo Silva (2004), em geral, as pastagens brasileiras possuem histórico de inadequado manejo de fertilização, que aliadas a altas taxas de lotação, criam condições que resultam no menor acúmulo de C no solo. Porém, se combinadas com arranjos florestais, as pastagens renovadas poderiam fornecer um sistema integrado mais adequado, aumentando assim, os EC.

Ainda não existem dados conclusivos a respeito da quantidade de C que é liberada com a substituição de mata nativa por pastagens, nem mesmo sobre a quantidade de C que é mantida nos diversos compartimentos desse novo ambiente, principalmente no solo (COSTA et al., 2008).

Em estudo realizado em Rondônia por Fujisaka et al.(1998), foi observada uma redução de 80% no EC após a conversão de floresta para pastagem, redução essa que ocorre nos primeiros anos de implementação da pastagem. Geralmente, após 20 anos em pastagens bem manejadas, o conteúdo de C no solo tende a ser similar ou superior ao de solos sob floresta, no entanto, com menor estabilidade (menor relação C/N).

Práticas de manejo conservacionistas como o sistema de plantio direto (SPD) promovem a recuperação dos EC em relação ao sistema natural, pela rotação de culturas, não revolvimento do solo e superfície do solo enriquecida com resíduos vegetais, fatores esses que

levam ao alcance da sustentabilidade agrícola com redução dos impactos ambientais, como a mitigação no efluxo CO₂ e aumento de C no solo (MIRANDA, 2007).

Avaliando os valores de EC em florestas da Mata Atlântica na região norte do Rio de Janeiro, Cunha (2009) encontrou EC em torno de 67,2 Mg ha⁻¹. Assim, esses estudos poderiam ainda fornecer subsídios para o desenvolvimento de técnicas de manejo para recuperação e, ou, melhoria dos atuais fragmentos florestais, bem como na recomposição de parte do maciço florestal nas áreas de pastagens degradadas adjacentes.

O EC no sistema solo-planta em fragmentos de florestas naturais também pode indicar o potencial dessas coberturas em sequestrar C da atmosfera (Batjes et al., 1999), constituindo, assim, um serviço ambiental promotor da mitigação de mudanças climáticas por GEE, em especial o CO₂ (FERNANDES, 2008).

A bacia do rio Paraopeba vem sendo antropizada em sua extensão em virtude das atividades desenvolvidas em seu entorno e, principalmente, pelo aumento do fluxo populacional, os quais atuam modificando a estrutura e a qualidade dos solos. Com base nos resultados obtidos durante a pesquisa, será possível fornecer subsídios para que haja a implementação de sistemas de manejo adequados, capazes de aumentar o sequestro de C e N melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, reduzindo as emissões dos GEE e promovendo um crescimento apoiado em bases sustentáveis.

O objetivo do presente artigo foi avaliar os EC, EN assim como a relação C/N sob diferentes sistemas de uso e manejo em solos da bacia hidrográfica do Rio Paraopeba-MG, considerando três sistemas: Mata, Pastagem e Capoeira, visando estratégias de manejo e conservação desses ecossistemas.

5.2 MATERIAL E METÓDOS

5.2.1 Área de Estudo

Esta pesquisa foi realizada em cinco municípios ao longo da bacia do Rio Paraopeba-MG, em regiões correspondentes aos segmentos conhecidos como alto, médio e baixo curso do rio. Os municípios são: Jeceaba (20° 32' 6" S e 43° 58' 58" O), correspondente ao alto Paraopeba, com clima temperado e verão ameno, com temperaturas oscilando em torno de 18° a 22° C e com estação seca coincidindo com o inverno; Brumadinho (20° 08' 34" S e 44° 12'

00''O) e Florestal (19° 53' 20''S e 44° 25' 58'' O), os quais pertencem ao médio Paraopeba, com clima do tipo temperado e com verão quente, com temperaturas em torno dos 19° a 24° C, com estação seca correspondente ao inverno, e por fim, Três Marias (18° 12' 21''S e 45° 14' 31''O) e Fortuna de Minas (19° 33' 39''S e 44° 26' 49''O) que por sua vez se localizam no baixo Paraopeba, com clima do tipo tropical chuvoso, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso. Essas regiões são caracterizadas por formas de relevo do tipo colina e cristas com vales, com altitude média alcançando cotas de 650 m ao norte da bacia e 1.544 m nas regiões de cabeceira.

A vegetação da bacia do Rio Paraopeba é pertencente aos domínios de Mata Atlântica e Cerrado, uma vez que a bacia se encontra em uma área de transição. Os totais pluviométricos variam em torno de 1.700 mm ano⁻¹ nas regiões de cabeceira e 1.150 mm ano⁻¹, na região próxima a barragem da represa de Três Marias. Essas regiões foram agrupadas em virtude das atividades que são desenvolvidas em seu entorno, como: mineração (alto Paraopeba), extração de areia, agropecuária (baixo curso do rio) e agricultura (médio Paraopeba) e da topossequência (fluxo de matéria orgânica).

5.2.2 Amostragem

Os solos foram amostrados nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm conforme (EMBRAPA, 1997), retirados em pontos variados das áreas, de maneira a obter amostras mais representativas (RIBEIRO et al., 1999). A amostragem foi realizada considerando os seguintes sistemas de uso e manejo do solo, os quais se constituíram nos fatores em estudo, dentro de cada região de amostragem: Mata nativa, Pastagem e Capoeira (Figura 5). Foram consideradas Capoeiras, áreas em pleno processo de regeneração e com vegetação aglomerada de médio e pequeno porte. O solo foi coletado em duas amostras, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos, conduzidas ao laboratório, destorradas, peneiradas em malha de 2 mm e secas ao ar, á sombra no laboratório de solos da UFV-CAF. Após essa etapa procedeu-se a realização das análises químicas. As imagens de cada sistema em estudo, nas cinco regiões amostradas, se encontram nos anexos (Figuras 1 a 3).

Assim, os fatores em estudo, região de amostragem (cinco regiões, ou níveis em estudo: Jeceaba, Brumadinho, Florestal, Fortuna de Minas e Três Marias), foram combinados com o fator de manejo (floresta, pastagem e capoeira), gerando o arranjo experimental

(inteiramente casualizado), ou seja, o que convencionou-se como os tratamentos estatísticos. Na região de Três Marias não se amostrou o sistema capoeira.

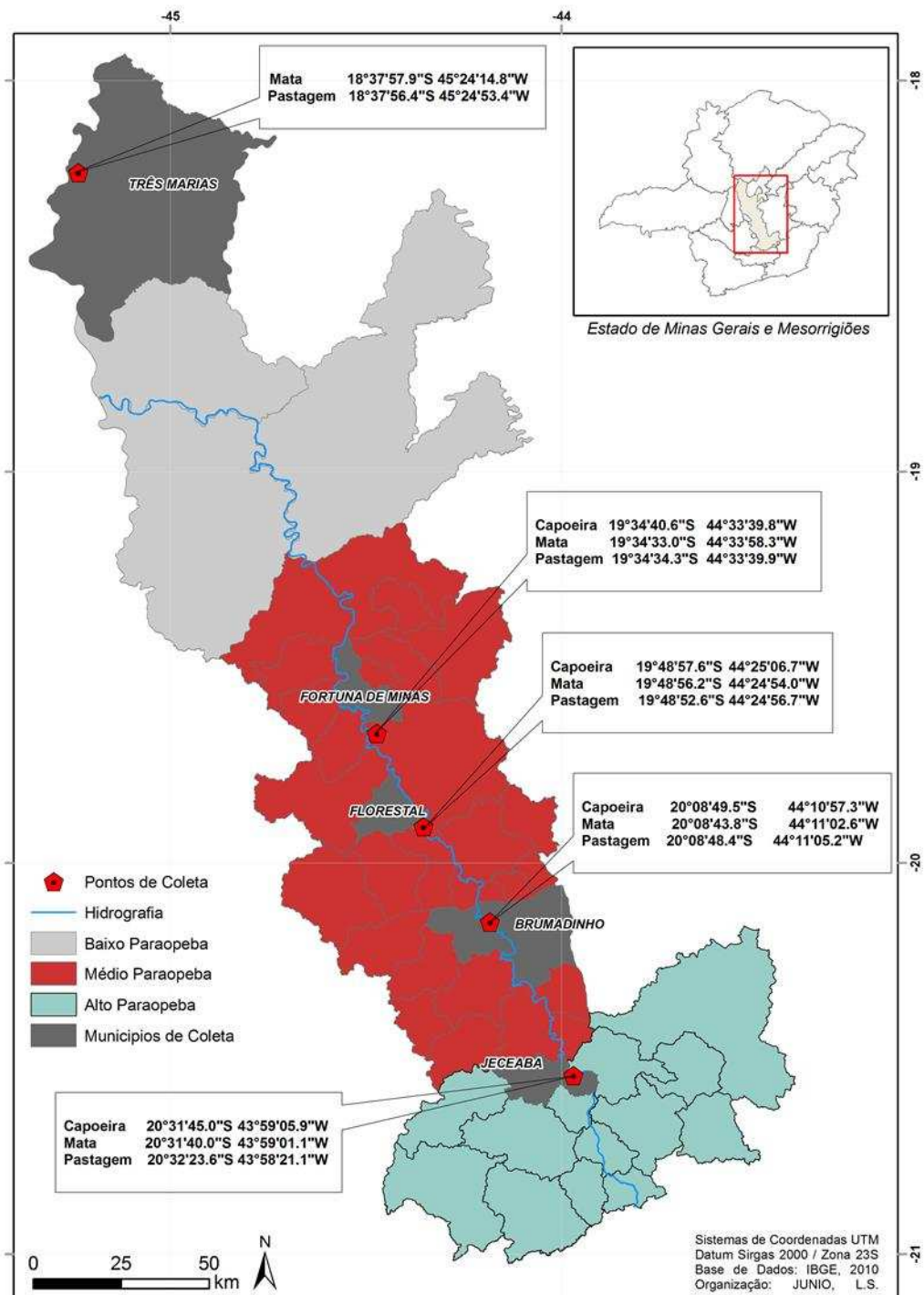


Figura 5 - Localização geográfica das áreas de amostragem da Bacia do Rio Paraopeba (MG).

5.3 Análises químicas do solo

5.3.1 Carbono orgânico do solo

O teor de C foi determinado pelo método descrito por Walkley e Black (1983), adotado pela Embrapa (1997), o qual consistiu na oxidação sulfúrica do material orgânico contido em massa de solo previamente triturada em gral de porcelana (massa medida ao redor de 0,5 g de solo com balanças de precisão calibradas, registrando-se quatro casas decimais), misturada a 10 mL de solução de $K_2Cr_2O_7$ e 25 mL de H_2SO_4 p.a. em erlenmeyers de 125 mL, em temperatura ambiente. Após o resfriamento, foram adicionados 40 mL de água destilada, 10 mL de H_3PO_4 p.a. e procedem-se à titulação com solução de $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, sendo utilizado como indicador a solução ácida de difenilamida 1%. O procedimento foi realizado em triplicata e, paralelamente, foram realizadas provas em branco, na ausência de solo.

5.3.2 Cálculo dos estoques de carbono

De posse dos teores de carbono orgânico e da densidade do solo, foram calculados os estoques de carbono ($Mg\ ha^{-1}$), para cada profundidade amostrada, por meio da equação (5) (Baldotto et al., 2010):

$$EC = C \times p \times DS \times 10 \quad (5)$$

Sendo:

EC: Estoque de Carbono¹, em $Mg\ ha^{-1}$;

C: Teor de carbono orgânico, em $g\ kg^{-1}$;

p: Camada amostrada, em m;

DS: Densidade do solo, em $Mg\ m^{-3}$.

¹ $Mg\ ha^{-1}$ = megagrama por hectare. Conforme o sistema internacional de unidades, a unidade tonelada não deve ser utilizada.

5.3.3 Nitrogênio total do solo

Para a determinação dos teores de nitrogênio total foi utilizado o método de Kjeldahl (1883), conforme descrito em Embrapa (1997), que envolve o uso de uma mistura digestora a base de Na_2SO_4 , CuSO_4 e selênio. A digestão foi conduzida em chapa quente ou bloco digestor sob temperatura superior a 360°C , por aproximadamente cinco horas, com posterior destilação a vapor. O destilado foi recolhido em solução de H_3BO_3 (20 g L^{-1}), misturada a uma solução de verde de bromocresol e vermelho de metila, e, posteriormente, titulado com solução de HCL $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, até que a solução indicadora em ácido bórico assumisse uma coloração alaranjada. Os teores de nitrogênio foram verificados em duplicata, com a realização de provas em branco.

5.3.4 Cálculo dos estoques de nitrogênio

Com os teores de nitrogênio calculados, os estoques em (Mg ha^{-1}) foram estimados usando-se a mesma equação (6) proposta por Baldotto et al. (2010).

$$\text{EN} = \text{N} \times \text{p} \times \text{DS} \times 10 \quad (6)$$

Sendo:

EN: Estoque de Nitrogênio, em Mg ha^{-1} ;

N: Teor de nitrogênio, em g kg^{-1} ;

p: Camada amostrada, em m;

DS: Densidade aparente do solo, em Mg m^{-3} .

5.3.5 Fertilidade do solo

Para fins de caracterização química dos solos das áreas de estudo foram determinados o pH em água e os teores de P e K disponíveis pelo extrator Mehlich⁻¹ (mg dm^{-3}), Ca^{2+} , Mg^{2+} , acidez trocável e acidez potencial ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). De posse dos resultados foram calculados os valores da soma de bases, da CTC efetiva e da CTC total ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) da saturação por bases

(V%) e da saturação por alumínio (m%). Todas as determinações químicas foram baseadas nas técnicas padrão da EMBRAPA (1997).

5.4 Análises Físicas

5.4.1 Densidade dos solos

A densidade do solo foi estimada para realizar os cálculos dos EC e EN no solo e foi determinada pelo método da proveta, descrito por EMBRAPA (1997), conforme a equação (7) abaixo :

$$DS (g\ cm^{-3}) = \frac{massa\ de\ solo\ (g)}{Volume\ da\ proveta\ (cm^3)} \quad (7)$$

5.4.2 Densidade de partículas

A densidade de partículas foi estimada para realizar os cálculos de porosidade total e foi determinada pelo método do balão volumétrico, conforme EMBRAPA (1997), de acordo com a equação (8) abaixo:

$$DP (g\ cm^{-3}) = \frac{massa\ de\ solo\ (g)}{Volume\ de\ álcool\ gasto\ (cm^3)} \quad (8)$$

5.4.3 Porosidade Total

A porosidade total foi determinada pela relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas como descrito pela EMBRAPA (1997), conforme a equação (9):

$$PT = 100 \frac{\text{Densidade de Partículas}}{\text{Densidade do solo}} \quad (9)$$

5.5 Análise estatística

Foram estimados a média e o erro padrão da média dos dados e também, foi feita uma análise de correlação de Pearson entre as principais variáveis estudadas utilizando-se o programa GENES (STEEL & TORRIE, 1960).

5.6 RESULTADOS

5.6.1 Estoques de Carbono

Os estoques de C nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, nos municípios amostrados são apresentados na Figura 6.

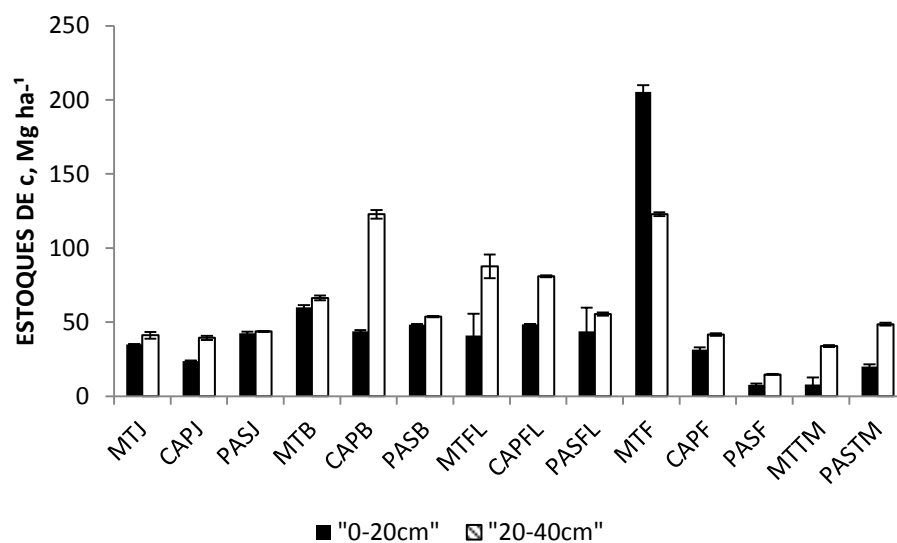


Figura 6 - Estoques de C em todos os sistemas amostrados considerando a camada de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, nas cinco regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias

Os resultados mostraram que os EC variaram de 15,38 Mg ha⁻¹ a 205,43 Mg ha⁻¹ na camada de 0 a 20 cm e de 7,53 Mg ha⁻¹ a 122,78 Mg ha⁻¹ na camada de 20 a 40 cm. Dentre as regiões amostradas, os maiores EC foram verificados em Fortuna de Minas (411,5 Mg ha⁻¹), seguida por Brumadinho (394,91Mg ha⁻¹), Florestal (378,43 Mg ha⁻¹), Jeceaba (225,8 Mg ha⁻¹) e Três Marias (97,11 Mg ha⁻¹).

Os maiores valores de EC na camada de 0 a 20 cm foram verificados no município de Fortuna de Minas ($283,56 \text{ Mg ha}^{-1}$), seguido por Florestal ($266,43 \text{ Mg ha}^{-1}$), Brumadinho ($152,1 \text{ Mg ha}^{-1}$), Jeceaba ($101,13 \text{ Mg ha}^{-1}$) e Três Marias ($55,91 \text{ Mg ha}^{-1}$). Já na camada de 20 a 40 cm os maiores valores foram observados em Brumadinho ($242,81 \text{ Mg ha}^{-1}$), seguido por Fortuna de Minas ($127,94 \text{ Mg ha}^{-1}$), Jeceaba ($124,15 \text{ Mg ha}^{-1}$), Florestal ($111,98 \text{ Mg ha}^{-1}$) e Três Marias ($41,2 \text{ Mg ha}^{-1}$).

Com relação ao uso, em média, para todas as regiões amostradas, a ordem verificada dos valores de EC, nas camadas de 0 a 20 cm, foi: Mata ($77,29 \text{ Mg ha}^{-1}$) > Capoeira ($48,73 \text{ Mg ha}^{-1}$) > Pastagem ($45,81 \text{ Mg ha}^{-1}$) e, por sua vez, a ordem na camada de 20 a 40 cm seguiu a mesma tendência: Mata ($53,57 \text{ Mg ha}^{-1}$) > Capoeira ($44,69 \text{ Mg ha}^{-1}$) > Pastagem ($31,36 \text{ Mg ha}^{-1}$).

Ao analisar os diferentes sistemas nas regiões amostradas, os maiores EC na região de Jeceaba (Figura 8) foram verificados no sistema pastagem, com $42,47 \text{ Mg ha}^{-1}$, na camada de 0 a 20 cm e $43,48 \text{ Mg ha}^{-1}$, a de 20 a 40 cm, de modo que tal sistema apresenta um EC total de $85,95 \text{ Mg ha}^{-1}$, armazenando 38,15% mais C em relação aos demais. Os menores valores foram verificados no sistema capoeira, o qual apresenta um EC total de $63,09 \text{ Mg ha}^{-1}$, estocando menos C quando comparado com os outros sistemas em Jeceaba (alto Paraopeba). Dessa forma, o comportamento dos valores de EC nessa região considerando a soma das duas profundidades amostradas, estabeleceu a seguinte sequência: Pastagem > Mata > Capoeira. Observa-se, também, nessa região, que a profundidade de 20 a 40 cm apresenta os maiores valores em relação a camada superficial (0 a 20 cm).

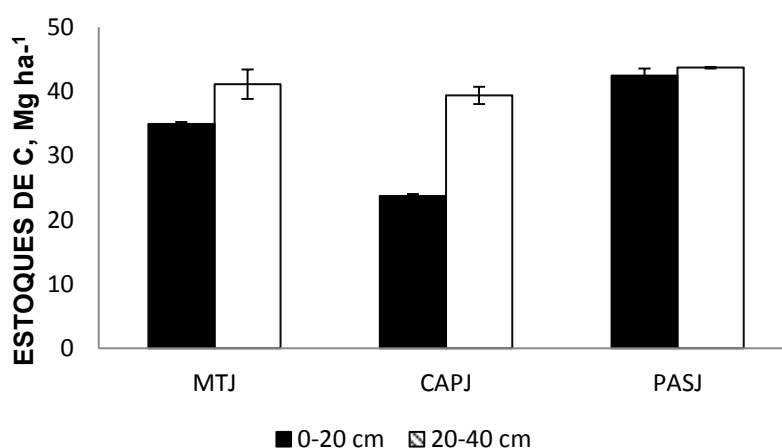


Figura 7- Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Jeceaba. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; J = Jeceaba.

Em Brumadinho, ainda no alto Paraopeba, mas sob maior influência de mineração (Figura 8), os maiores valores de EC para as profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm foram

observados no sistema capoeira, com $60,07 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $122,78 \text{ Mg ha}^{-1}$ respectivamente, apresentando, portanto, um EC total de $182,85 \text{ Mg ha}^{-1}$, armazenando 46,33% mais C que os demais sistemas. Os EC mais baixos foram verificados no sistema pastagem, o qual apresenta um total de $97,43 \text{ Mg ha}^{-1}$. Assim, o comportamento do EC nessa região, ao considerar o somatório das camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm foi: Capoeira > Mata > Pastagem. Nessa região a camada subsuperficial do solo (20 a 40 cm) apresentou os maiores valores em todos os sistemas.

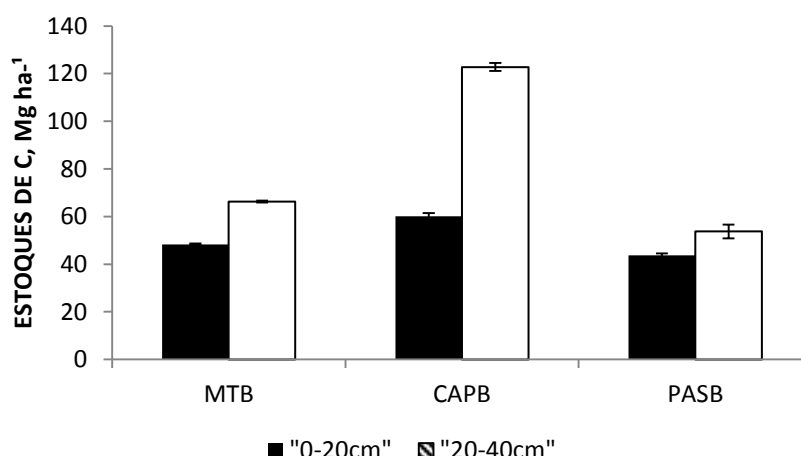


Figura 8 - Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Brumadinho. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho.

Já na região de Florestal, no médio Paraopeba (Figura 9), os maiores valores de EC para as camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm também foram encontrados no sistema capoeira, com $46,55 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $80,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ respectivamente, o qual apresenta um EC total de $127,47 \text{ Mg ha}^{-1}$ armazenando 36,35% mais C que os demais sistemas. O sistema menos eficiente no acúmulo de C foi o sistema pastagem, o qual apresentou os menores valores, apresentando um EC total de $115,31 \text{ Mg ha}^{-1}$. O comportamento dos valores de EC ao considerar a soma das duas profundidades foi: Capoeira > Mata > Pastagem.

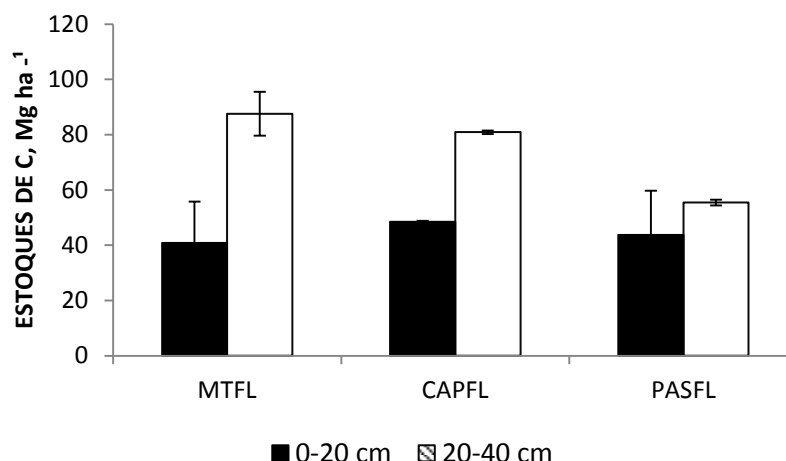


Figura 9- Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Florestal. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; FL = Florestal.

Para a região de Fortuna de Minas, ainda no médio Paraopeba (Figura 10), os maiores EC se encontram alocados no sistema Mata, com 205,43 Mg ha⁻¹, para a profundidade de 0 a 20 cm e 99,76 Mg ha⁻¹ para 20 a 40 cm, com EC total de 305,19 Mg ha⁻¹, de modo que esse sistema apresenta maior capacidade de armazenamento de C (74% mais C que os outros sistemas). Os menores valores foram observados para o sistema pastagem, com EC total de 22,73 Mg ha⁻¹, mostrando menor sequestro de C. O comportamento dos valores de EC nessa região foi: Mata > Capoeira > Pastagem.

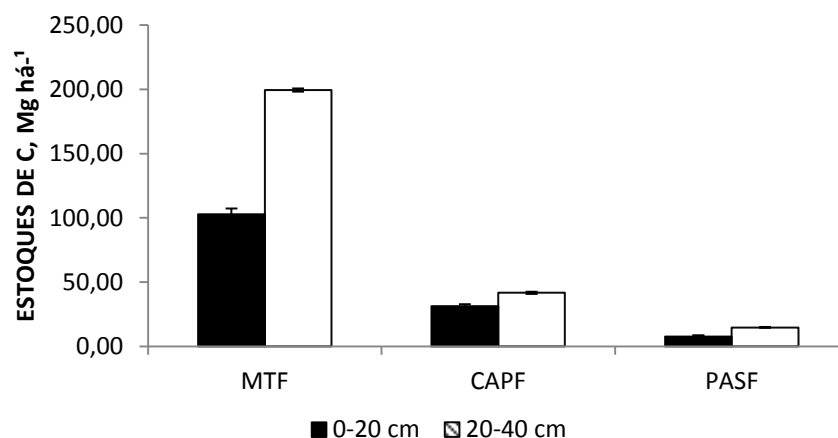


Figura 10- Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Fortuna de Minas. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; F = Fortuna de Minas.

Para a região de Três Marias, baixo Paraopeba (Figura 11), o sistema que mais armazenou C foi a pastagem, com 19,95 Mg ha⁻¹ na camada de 0 a 20 cm e 48,61 Mg ha⁻¹ na camada de 20 a 40 cm, apresentando um EC total de 68,56 Mg ha⁻¹, o qual estocou 67% mais C que os outros sistemas dessa região. O sistema menos eficiente foi o sistema mata (Cerrado), com EC total de 32,91 Mg ha⁻¹. O comportamento dos EC nessa região ao

considerar a soma das duas profundidades foi: Pastagem > Mata. Nessa região não foi amostrado o sistema capoeira, em função da difícil separação entre os tipos de Cerrado.

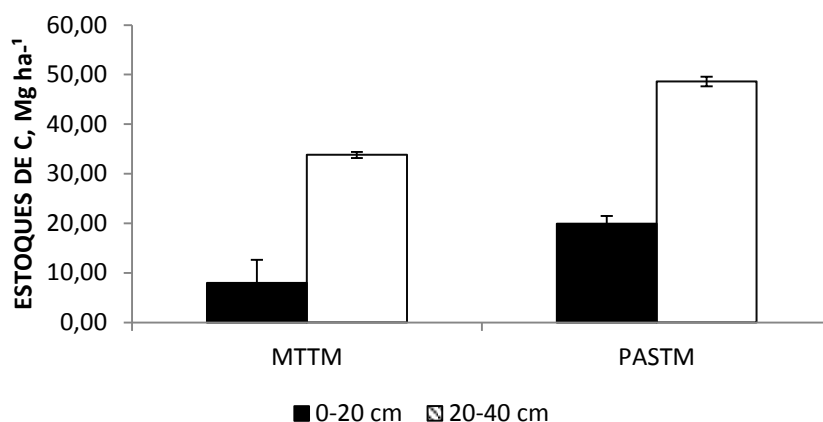


Figura 11 - Estoques de C nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Três Marias. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; TM = Três Marias.

Na figura 12 são apresentados os valores de EC para os sistema pastagem em todas as regiões amostradas para as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm.

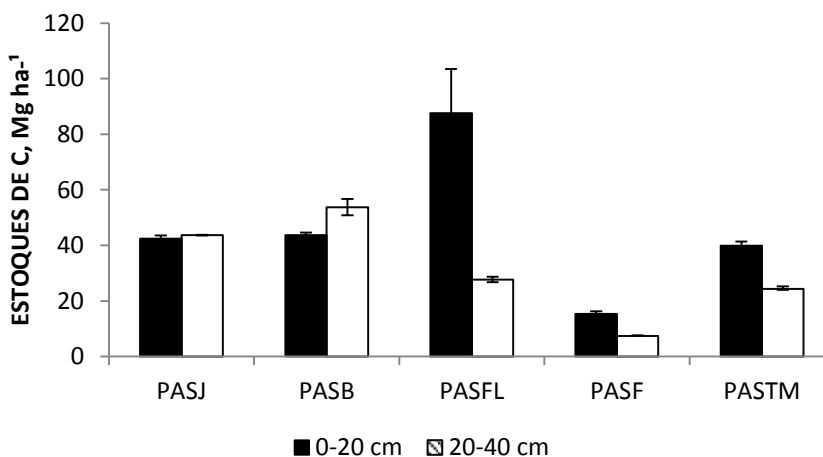


Figura 12 - Estoques de C no sistema pastagem nas diferentes regiões amostradas. PAS = pastagem; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

A partir da análise gráfica, observa-se que os maiores EC, considerando as duas profundidades, no sistema pastagem, se concentram na região de Florestal (pastagens rotacionadas), com EC total de $115,31 \text{ Mg ha}^{-1}$, resultando em um aumento de 29,88%. Os menores valores foram observados na região de Fortuna de Minas (pastagens extensivas), com EC total de $22,73 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Já em relação às matas (Figura 13), os maiores EC foram verificados no município de Fortuna de Minas, com 205,43 Mg ha⁻¹ e 99,76 Mg ha⁻¹, considerando as profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm respectivamente, resultando em um EC total de 305,19 Mg ha⁻¹, armazenando cerca de 46,6% mais C em relação ao mesmo sistema nas demais regiões. Os EC mais baixos foram verificados em Três Marias, com 32,91 Mg ha⁻¹.

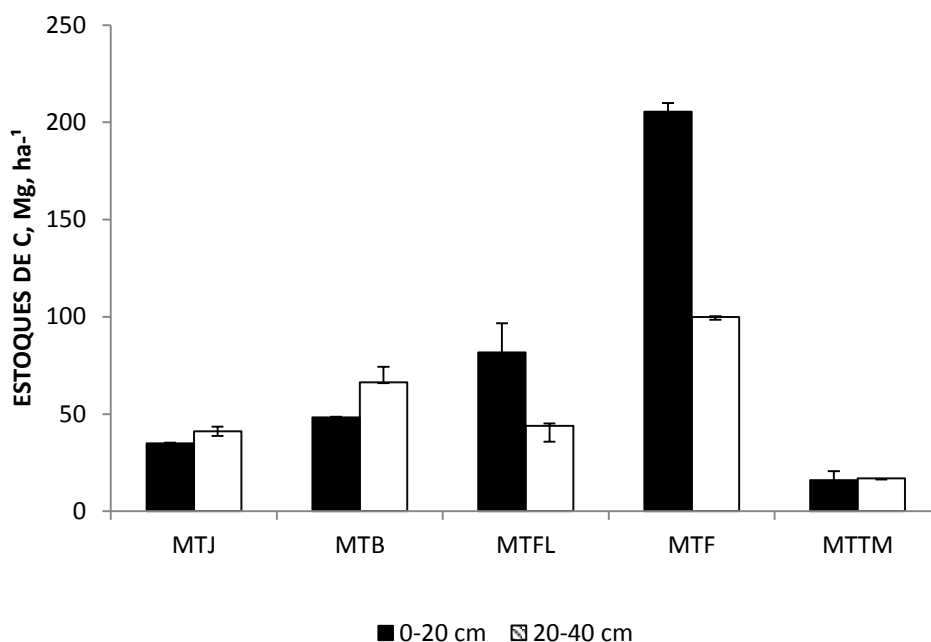


Figura 13 - Estoques de C no sistema mata nas diferentes regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

Para o sistema capoeira (Figura 14), o maior EC considerando ambas as profundidades foi observado em Brumadinho com 60,07 Mg ha⁻¹ na camada de 0 a 20 cm e 122,78 Mg ha⁻¹ na camada de 20 a 40 cm, mostrando um EC total de 182,85 Mg ha⁻¹, sequestrando cerca de 39,14% mais C que o mesmo sistema nas demais regiões. Os menores valores foram verificados na região de Jeceaba, a qual apresenta um estoque total de 63,09 Mg ha⁻¹, estocando menos C quando comparado com as outras regiões em estudo.

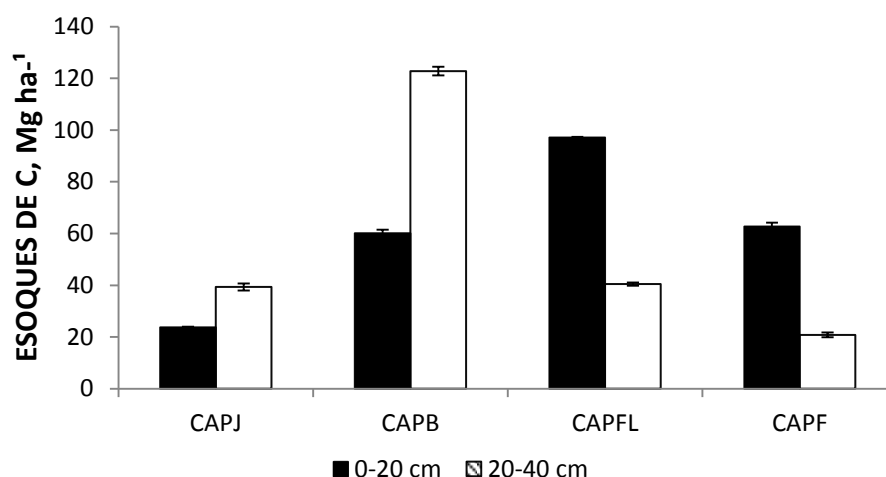


Figura 14 - Estoques de C no sistema capoeira nas diferentes regiões amostradas. CAP = capoeira; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

5.6.2 Estoques de Nitrogênio

Os resultados dos estoques de N para as profundidades amostradas (0 a 20 cm e 20 a 40 cm), nos diferentes sistemas de uso do solo nas regiões estudadas estão representados na figura 15.

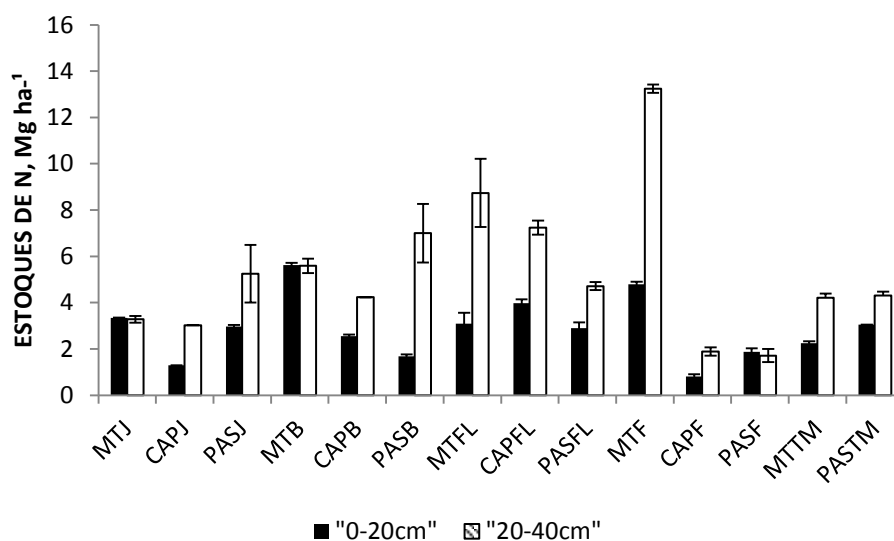


Figura 15 - Estoques de N em todos os sistemas amostrados considerando a profundidade de 0 a 20cm e 20 a 40 cm, nas cinco regiões em estudo. MT = mata; J = Jeceaba; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

Pode-se observar que os estoques de N variaram de 0,81 Mg ha⁻¹ a 5,62 Mg ha⁻¹ na camada de 0 a 20 cm e de 1,72 Mg ha⁻¹ a 13,24 Mg ha⁻¹ na camada de 20 a 40 cm.

Dentre as regiões estudadas os maiores estoques de N foram observados em Florestal (30,65 Mg ha⁻¹), seguida por Brumadinho (26,68 Mg ha⁻¹), Fortuna de Minas (24,32 Mg ha⁻¹), Jeceaba (19,16 Mg ha⁻¹) e por fim Três Marias (13,8 Mg ha⁻¹). Considerando as profundidades, os maiores valores para a camada de 0 a 20 cm foram verificados em Florestal (9,96 Mg ha⁻¹), seguido por Brumadinho (9,85 Mg ha⁻¹), Jeceaba (7,6 Mg ha⁻¹), Fortuna de Minas (7,47 Mg ha⁻¹) e Três Marias (5,29 Mg ha⁻¹). Para a camada de 20 a 40 cm os maiores também foram observados em Florestal (20,69 Mg ha⁻¹), seguido por Fortuna de Minas (16,85 Mg ha⁻¹), Brumadinho (16,83 Mg ha⁻¹), Jeceaba (11,56 Mg ha⁻¹) e Três Marias (8,51 Mg ha⁻¹). Nota-se, portanto, que os maiores valores para o N foram observados nas camadas subsuperficiais. Com relação ao uso para todas as regiões amostradas, a ordem dos EN para a camada de 0 a 20 cm verificada foi: Mata (15,14 Mg ha⁻¹) > Pastagem (13,34 Mg ha⁻¹) > Capoeira (11,66 Mg ha⁻¹). Já para a camada de 20 a 40 cm a ordem seguiu a mesma tendência: Mata (35,06 Mg ha⁻¹) > Pastagem (20,22 Mg ha⁻¹) > Capoeira (19,16 Mg ha⁻¹).

Ao verificar os sistemas dentro de cada região, os maiores EN na região de Jeceaba (alto Paraopeba) (Figura 16), foram verificados no sistema Pastagem com 2,97 Mg ha⁻¹ na camada de 0 a 20 cm e 5,25 na de 20 a 40 cm, apresentando um estoque total de 8,22 Mg ha⁻¹ ao considerar as duas profundidades, de modo que o mesmo armazena 42,9% mais N que os demais sistemas avaliados. Os menores EN foram observados no sistema capoeira, a qual apresenta um EN total de 4,32 Mg ha⁻¹. Dessa forma o comportamento dos EN ao considerar o somatório das duas profundidades (0 a 20 cm e 20 a 40 cm) foi: Pastagem > Mata > Capoeira.

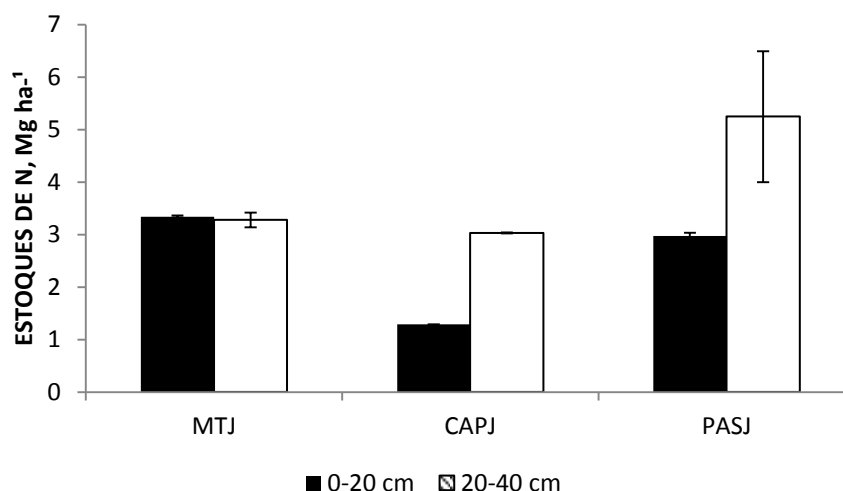


Figura 16 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Jeceaba. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; J = Jeceaba.

Na região de Brumadinho, no alto curso do rio, (Figura 17) o sistema que mais armazenou N foi a capoeira com 5,62 Mg ha⁻¹ na camada superficial e 7 Mg ha⁻¹ na camada mais profunda com um EN total de 12,62 Mg ha⁻¹ ao considerar ambas as profundidades, estocando 47,3% mais N em relação aos outros sistemas. Observa-se que os menores EN se encontram no sistema pastagem com EN total de 6,79 Mg ha⁻¹. Assim o comportamento do N ao considerar a soma das duas profundidades foi: Capoeira > Mata > Pastagem.

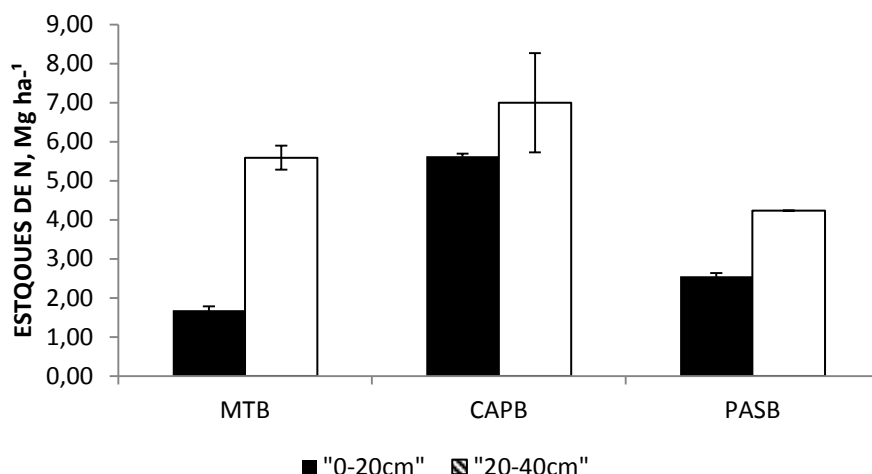


Figura 17 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Brumadinho. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho.

Para a região de Florestal, já no médio Paraopeba (Figura 18), os maiores EN foram observados no sistema mata, com 3,09 Mg ha⁻¹ na profundidade de 0 a 20 cm e 8,74 na profundidade de 20 a 40 cm, resultando em um EN total de 11,83 Mg ha⁻¹ considerando as duas profundidades, com 38,59% mais N ao comparar com os outros sistemas situados nesse município. Os menores EN foram observados no sistema pastagem, com EN total de 7,61 Mg ha⁻¹. O comportamento do N nessa região foi: Mata > Capoeira > Pastagem.

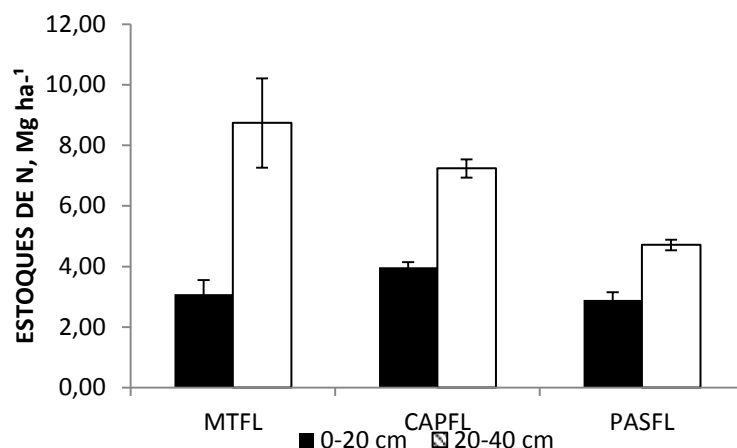


Figura 18 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Florestal. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; FL = Florestal.

Em Fortuna de Minas, ainda no médio curso do rio (Figura 19), o maior EN se encontra no sistema mata, com 4,79 Mg ha⁻¹ na camada de 0 a 20 cm e 13,24 Mg ha⁻¹ na camada de 20 a 40 cm, possuindo portanto um EN total de 18,03 Mg ha⁻¹. Considerando as duas camadas de solo amostradas, tal sistema armazena 74,14% mais N que os demais. E os menores EN se concentram no sistema capoeira, com EN total de 2,7 Mg ha⁻¹. Essa região apresentou o seguinte comportamento para o N: Mata > Pastagem > Capoeira.

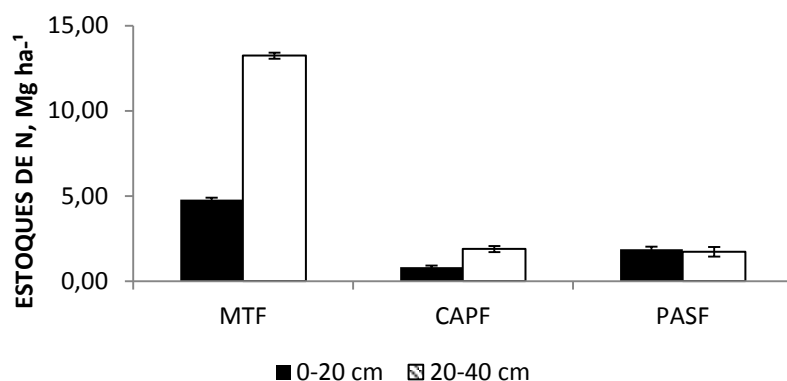


Figura 19 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Fortuna de Minas. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; F = Fortuna de Minas.

Na região de Três Marias, no baixo Paraopeba (Figura 20), os maiores EN se concentraram no sistema pastagem, com 3,05 Mg ha⁻¹ na profundidade de 0 a 20 cm e 4,3 Mg ha⁻¹ na profundidade de 20 a 40 cm, apresentando um EN total de 7,35 Mg ha⁻¹ ao observar as duas profundidades, de modo que o mesmo armazena 53,26% mais N que os demais sistemas dessa região. Os menores EN foram observados no sistema mata, a qual apresenta um EN total de 6,45 Mg ha⁻¹, mostrando que o mesmo sequestra menos N. O comportamento do N estabelecido para essa região foi: Pastagem > Mata.

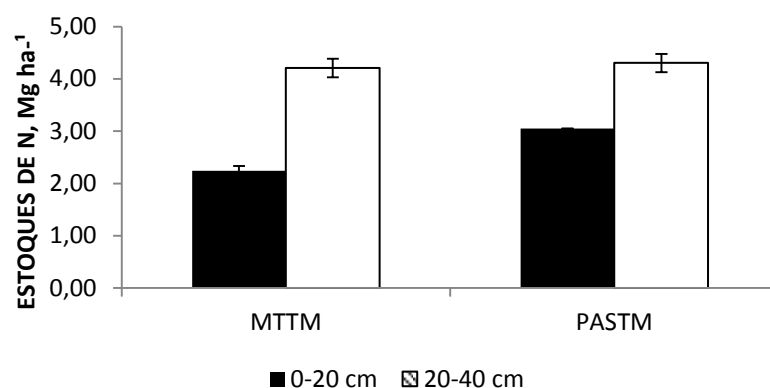


Figura 20 - Estoques de N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Três Marias. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; TM = Três Marias.

Ao comparar os sistemas em todas as regiões amostradas, verificou-se uma tendência no aumento dos EN com a profundidade. Os EN mais elevados encontrados para o sistema pastagem (Figura 21) se alocaram na região de Jeceaba, com um EN total de 8,22 Mg ha⁻¹, estocando 42,9% mais N que as pastagens das demais regiões. E os EN mais baixos são encontrados na região de Fortuna de Minas com 3,59 Mg ha⁻¹.

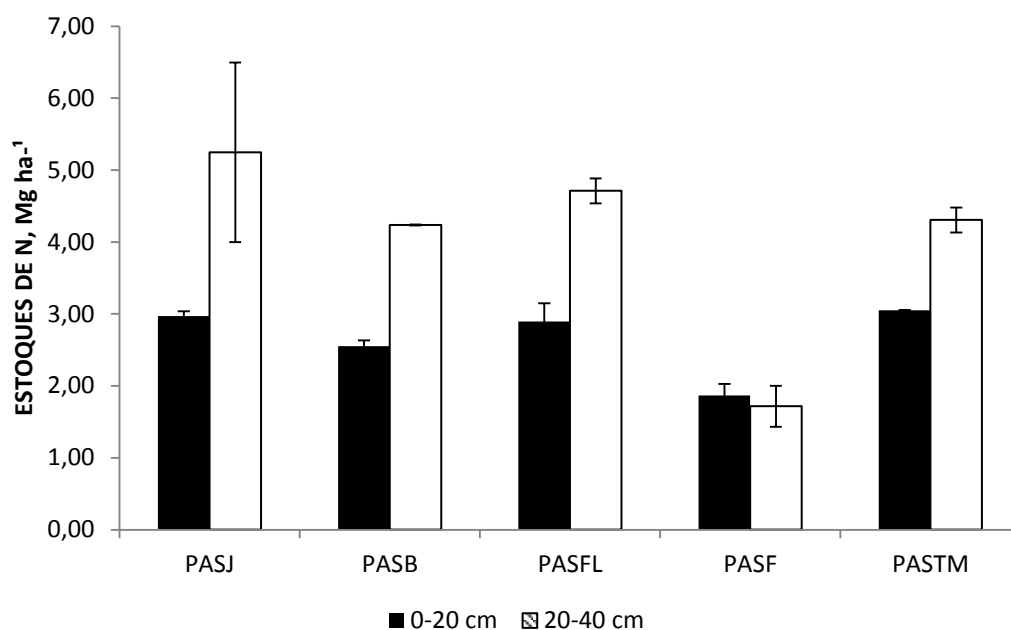


Figura 21 - Estoques de N no sistema pastagem nas diferentes regiões amostradas. PAS = pastagem; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

Em relação ao sistema mata (Figura 22), os maiores EN foram observados na região de Fortuna de Minas, a qual apresenta um EN total de 18,03 Mg ha⁻¹, de modo que o sistema mata nessa região, estoca 74,13% mais N do que as demais. Os menores valores foram verificados na região de Três Marias com EN totais de 6,45 Mg ha⁻¹.

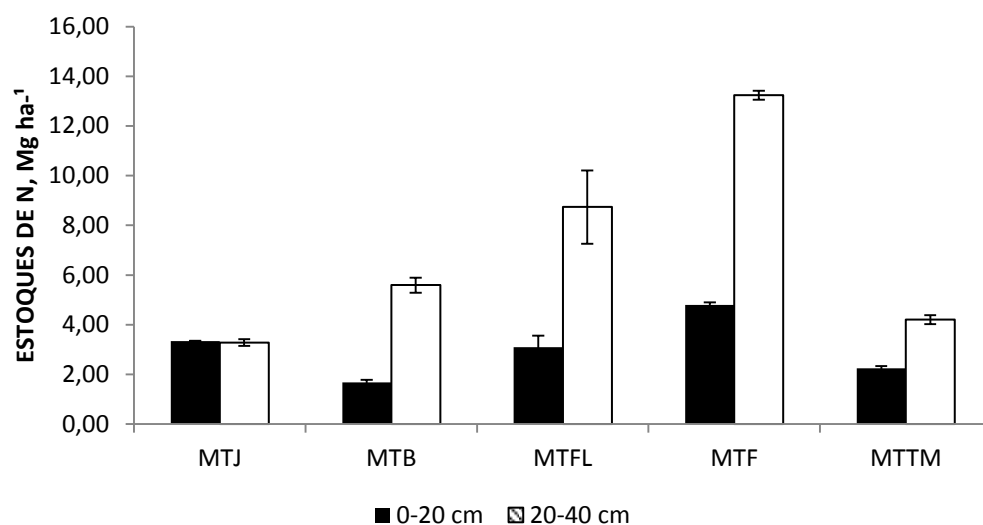


Figura 22 - Estoques de N no sistema mata nas diferentes regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

Para o sistema capoeira (Figura 23) os EN mais altos, ao considerar a soma das duas profundidades, se encontram na região de Brumadinho (12,62 Mg ha⁻¹), resultando em um incremento de 47,3% de N em relação aos outros sistemas. Observou-se que os menores valores se encontram na região de Fortuna de Minas, com 2,7 Mg ha⁻¹.

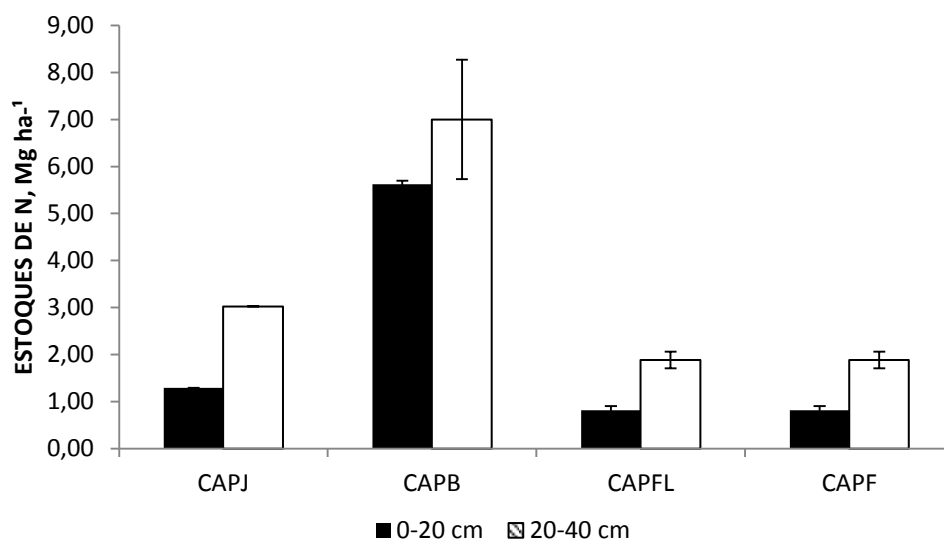


Figura 23 - Estoques de N no sistema capoeira nas diferentes regiões amostradas. CAP = capoeira; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

5.6.3 Relação C/N

A relação entre C e N do solo foi estimada com base na razão entre os teores (C/N) e com base na razão entre os estoques (C/Ne). Será, portanto, apresentada inicialmente a

relação entre os teores (usual) e, na sequência, a proposta de relacionar os estoques de C e N do solo.

Os resultados da relação C/N nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo nas regiões estudadas estão apresentados na figura 24.

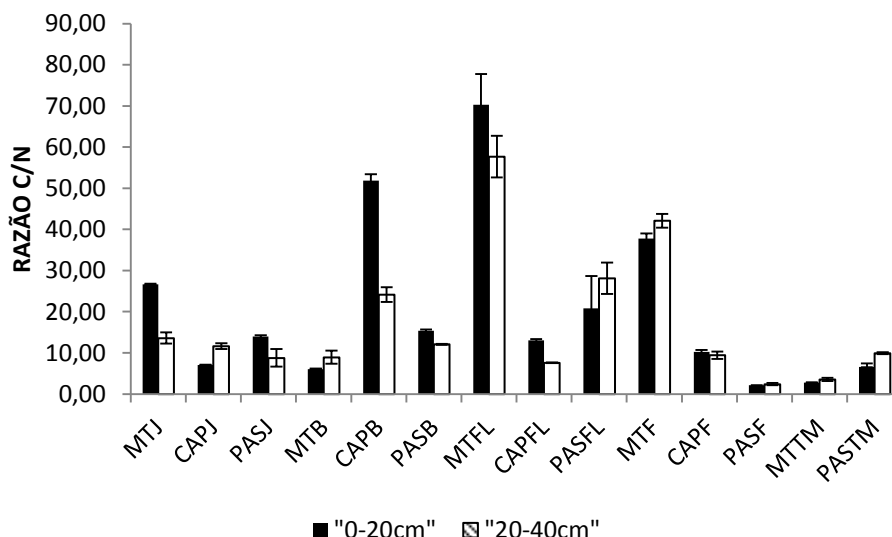


Figura 24 - Relação C/N para todos os sistemas de uso do solo na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, nas cinco regiões em estudo. MT = mata; J = Jeceaba; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

A partir da análise gráfica observa-se que a relação C/N variou de 2,15 a 70,3 na profundidade de 0 a 20 cm e de 2,41 a 57,66 na profundidade de 20 a 40 cm. Nota-se que dentre as regiões amostradas a maior relação C/N na camada de 0 a 20 cm foi verificada em Florestal (104,1), seguido por Brumadinho (73,31), Fortuna de Minas (50,2), Jeceaba (47,66) e Três Marias (9,4). Na profundidade de 20 a 40 cm os maiores valores foram verificados em Florestal (93,36), seguido de Fortuna de Minas (53,96), Brumadinho (45,22), Jeceaba (34,06) e Três Marias (13,48). Com relação ao uso do solo nas regiões amostradas, a ordem da relação C/N entre os sistemas na camada de 0 a 20 cm foi: Mata (143,62) > Capoeira (82,15) > Pastagem (58,9). Para a profundidade de 20 a 40 cm a sequência estabelecida foi: Mata (125,9) > Pastagem (61,32) > Capoeira (52,83).

Ao observar os sistemas dentro de cada região amostrada, a maior relação C/N em Jeceaba (Figura 25), foi encontrada no sistema mata, com 26,67 na camada de 0 a 20 cm e 13,62 na camada de 20 a 40 cm. Os menores valores são observados no sistema capoeira com 7,04 na camada superficial e 11,65 na subsuperficial.

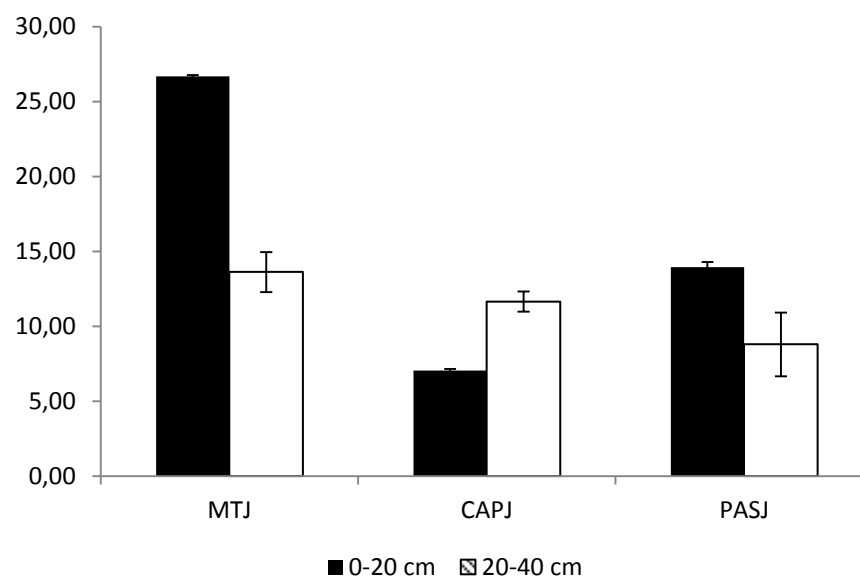


Figura 25 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Jeceaba. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; J = Jeceaba.

Em Brumadinho (Figura 26), a maior relação C/N foi encontrada no sistema capoeira, apresentando uma relação de 51,87 na camada de 0 a 20 cm e 24,18 na camada de 20 a 40 cm. Os menores valores se encontram alocados no sistema mata, com 6,05 na camada superficial e 8,95 na subsuperficial.

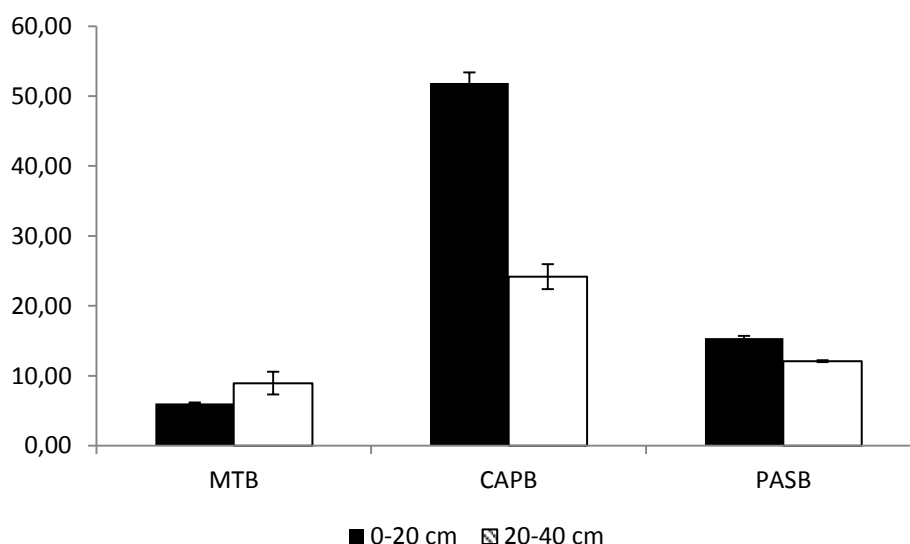


Figura 26 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Brumadinho. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho.

Já em Florestal (Figura 27), os maiores valores de relação C/N foram observados no sistema mata, com 70,3 na profundidade de 0 a 20 cm e 57,66 na de 20 a 40 cm. O sistema com menor relação C/N foi a capoeira, com 13 na camada de 0 a 20 cm e 7 de 20 a 40 cm.

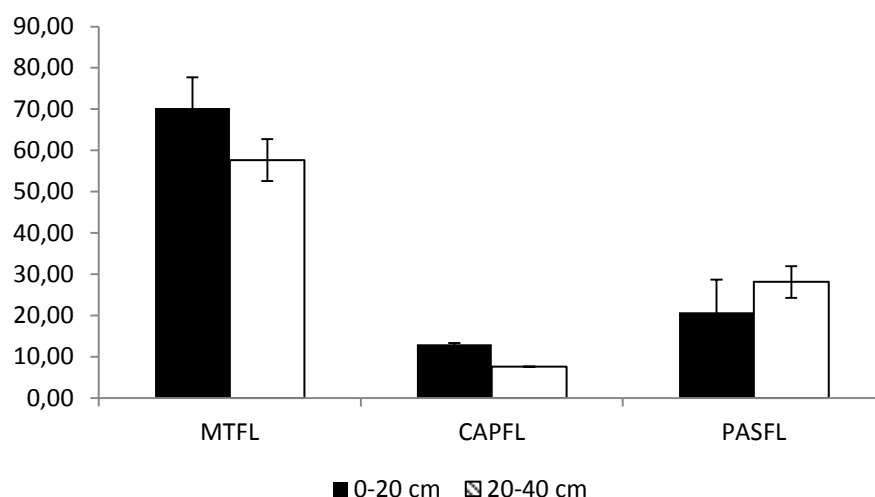


Figura 27 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Florestal. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; FL = Florestal.

Em Fortuna de Minas (Figura 28), o sistema com maior relação C/N foi à mata, com 38,81 na camada de 0 a 20 cm e 42,12 na camada de 20 a 40 cm. O sistema com menor relação C/N foi à pastagem, com 2,15 na camada superficial e 2,41 na subsuperficial.

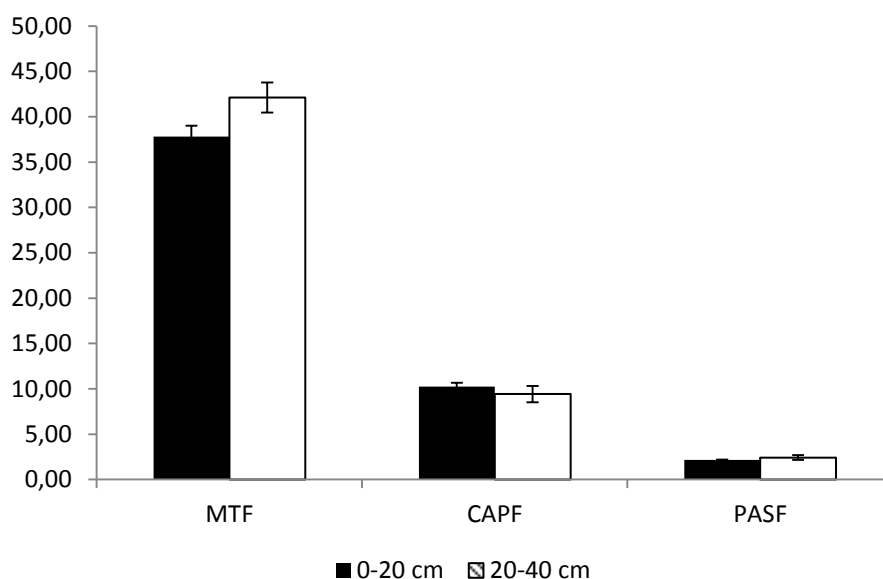


Figura 28 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Fortuna de Minas. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; F = Fortuna de Minas.

E Três Marias (Figura 29), o sistema com maior relação C/N foi à pastagem, com 6,61 na profundidade de 0 a 20 cm e 9,93 na profundidade de 20 a 40 cm. Já os menores valores foram observados no sistema mata, com 2,79 na camada de 0 a 20 cm e 3,55 na camada de 20 a 40 cm.

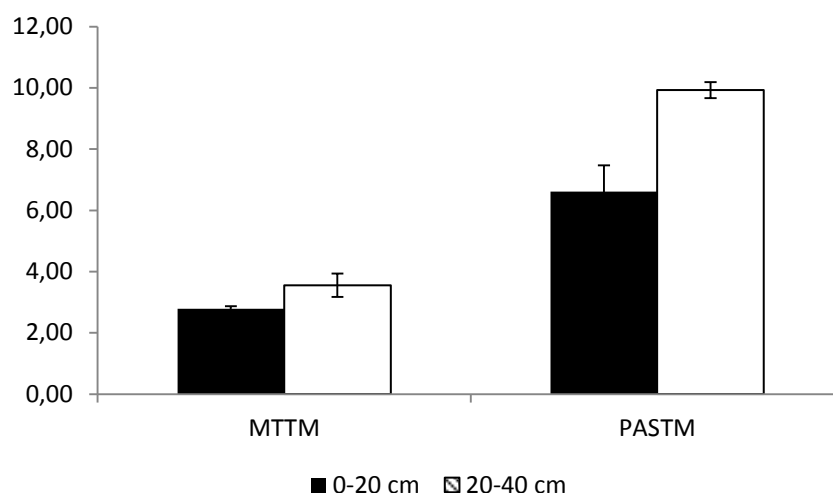


Figura 29 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Três Marias. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; TM = Três Marias.

Comparando os sistemas entre as regiões, verificou-se que para o sistema pastagem (Figura 30), a maior relação C/N foi observada na região de Florestal, com 20,80 na camada de 0 a 20 cm e 28,13 na camada de 20 a 40 cm. A menor relação C/N foi verificada em Fortuna de Minas, com 2,15 na camada de 0 a 20 cm e 2,41 na de 20 a 40 cm.

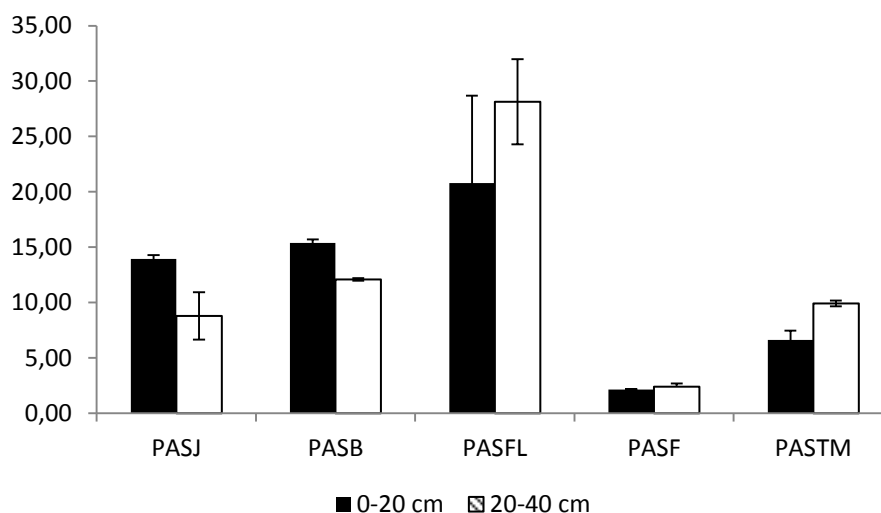


Figura 30 - Relação C/N no sistema pastagem nas diferentes regiões amostradas. PAS = pastagem; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

Para o sistema mata (Figura 31), a maior relação C/N está na região de Florestal, com 70,3 na profundidade de 0 a 20 cm e 57,66 na profundidade de 20 a 40 cm. Os menores valores são observados na região de Três Marias, com 2,79 na camada superficial e 3,55 na subsuperficial.

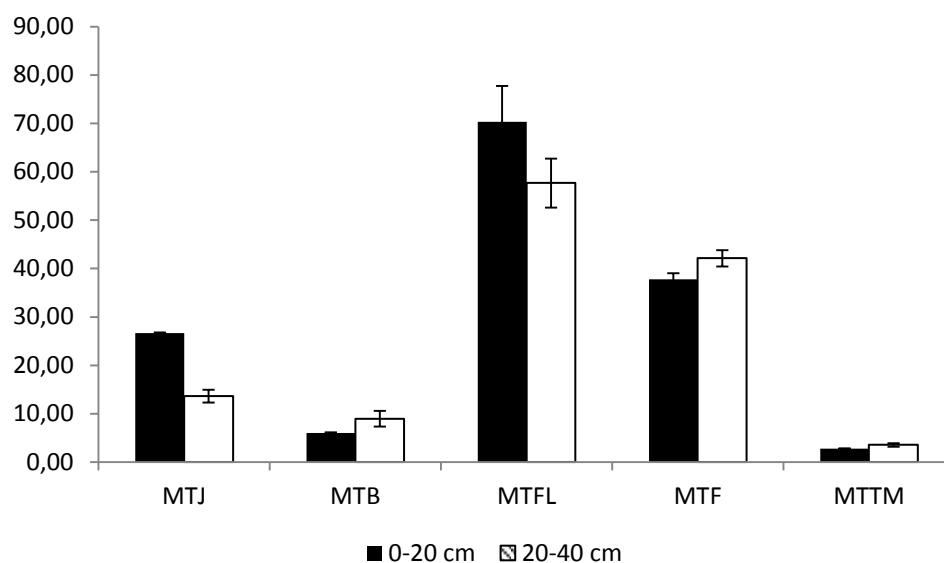


Figura 31 - Relação C/N no sistema mata nas diferentes regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

E, por fim, para o sistema capoeira (Figura 32), os maiores valores para relação C/N foram verificados na região de Brumadinho, com 51,87 na camada de 0 a 20 cm e 24,18 na camada de 20 a 40 cm. Os menores valores estão localizados na região de Jeceaba, com 7,04 na camada superficial e 11,65 na camada subsuperficial.

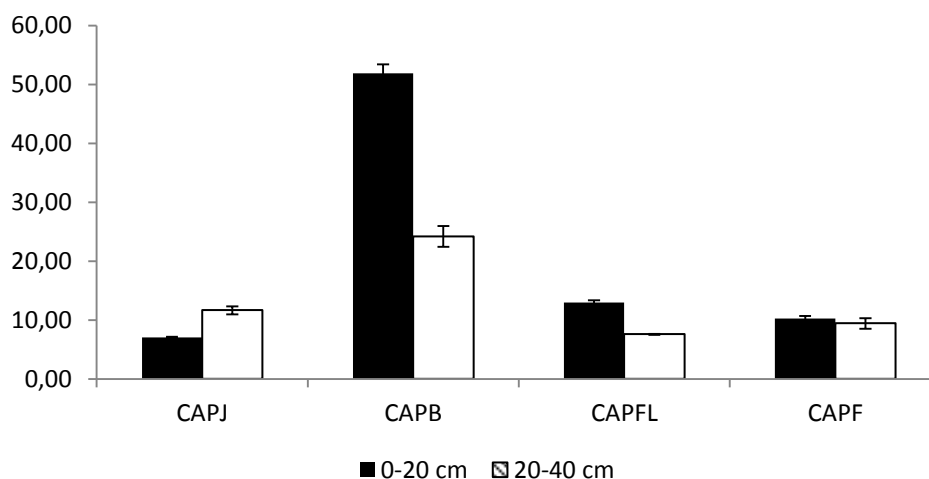


Figura 32 - Relação C/N no sistema capoeira nas diferentes regiões amostradas. CAP = capoeira; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

A seguir, na figura 33, apresentam-se o gráfico preparado para a relação C/Ne, a qual considera os estoques de C e de N no solo.

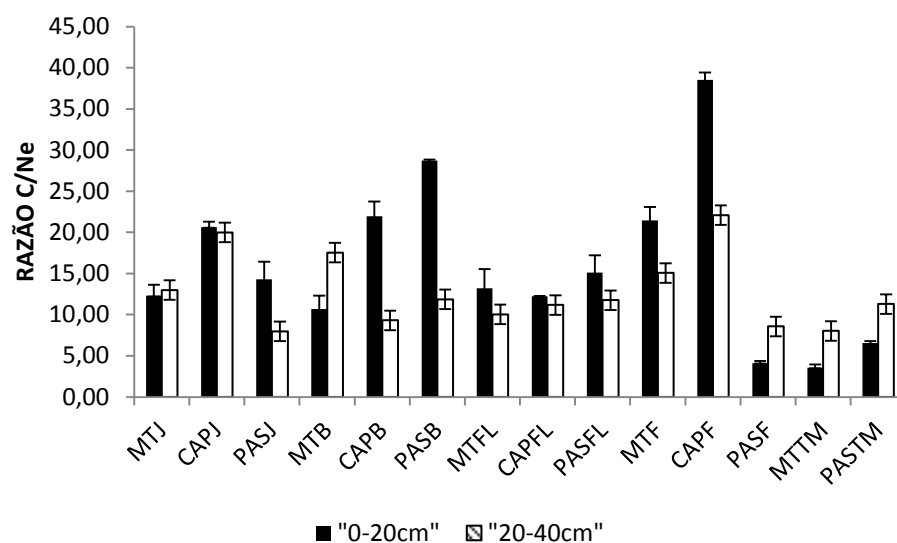


Figura 33 - Relação C/Ne para todos os sistemas de uso do solo na profundidade de 0 a 20 cm. MT = mata; J = Jeceaba; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

Observa-se que a relação C/Ne entre os estoques variou de 3,56 a 38,54 na profundidade de 0 a 20 cm e de 7,98 a 28,73 na profundidade de 20 a 40 cm. Nota-se que dentre as regiões amostradas a maior razão C/Ne na camada de 0 a 20 cm foi verificada em Fortuna de Minas (64,09), seguida por Brumadinho (61,38), Jeceaba (47,25), Florestal (40,56) e Três Marias (10,1). Na profundidade de 20 a 40 cm, os maiores valores foram verificados em Fortuna de Minas (45,71), e depois em (40,94), Brumadinho (38,71), Florestal (32,96) e Três Marias (19,32). Com relação ao uso do solo nas regiões amostradas, a ordem da relação C/Ne entre os sistemas na camada de 0 a 20 cm foi: Capoeira (93,36) > Pastagem (68,81) > Mata (61,2). Para a profundidade de 20 a 40 cm, a sequência estabelecida foi: Mata (63,64) > Capoeira (62,55) > Pastagem (51,45).

Ao verificar os sistemas dentro de cada região amostrada, a maior relação C/Ne em Jeceaba (Figura 34) foi encontrada no sistema capoeira, com 20,64 na camada de 0 a 20 cm e 19,98 na camada de 20 a 40 cm. Os menores valores foram observados no sistema pastagem, com 14,30 na camada superficial e 7,98 na subsuperficial.

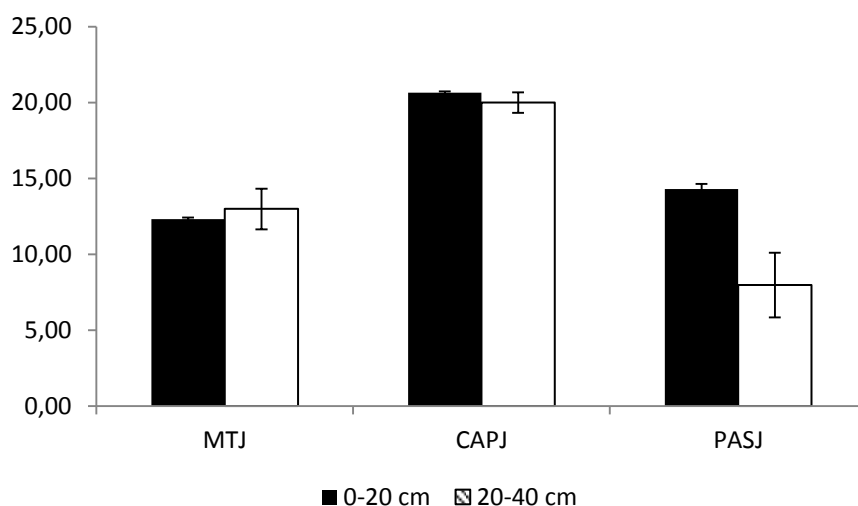


Figura 34 - Relação C/Ne nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Jeceaba. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; J = Jeceaba.

Na região de Brumadinho (Figura 35), a maior relação C/Ne foi encontrada no sistema pastagem, apresentando uma relação de 28,73 na camada de 0 a 20 cm e de 11,86 na camada de 20 a 40 cm. Os menores valores ocorreram no sistema mata, com 10,68 na camada superficial e 17,54 na subsuperficial.

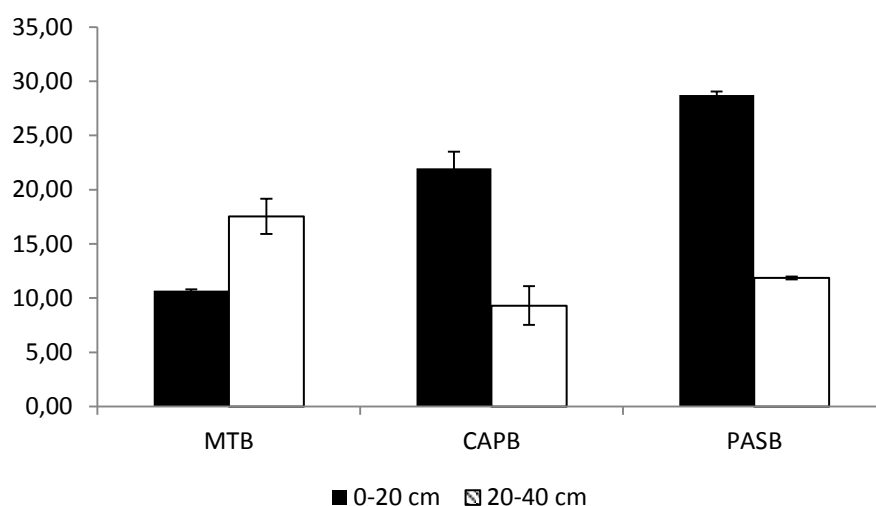


Figura 35 - Relação C/Ne nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Brumadinho. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; B = Brumadinho.

Em Florestal (Figura 36), os maiores valores de relação C/Ne foram observados no sistema pastagem, iguais a 15,12 na profundidade de 0 a 20 cm e 11,76 na de 20 a 40 cm. O sistema com menor relação C/Ne foi a capoeira, com 12,22 na camada de 0 a 20 cm e 11,18 na de 20 a 40 cm.

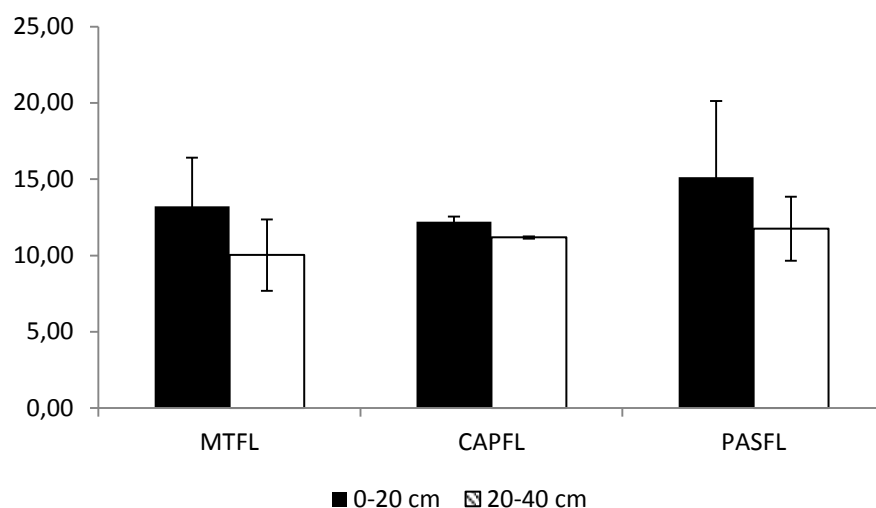


Figura 36 - Relação C/N nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Florestal. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; FL = Florestal.

Já em Fortuna de Minas (Figura 37), o sistema com maior relação C/Ne foi a capoeira, com 38,54 na camada de 0 a 20 cm e 22,08 na camada de 20 a 40 cm. O sistema com menor relação foi a pastagem, com 4,12 na camada superficial e 8,56 na subsuperficial.

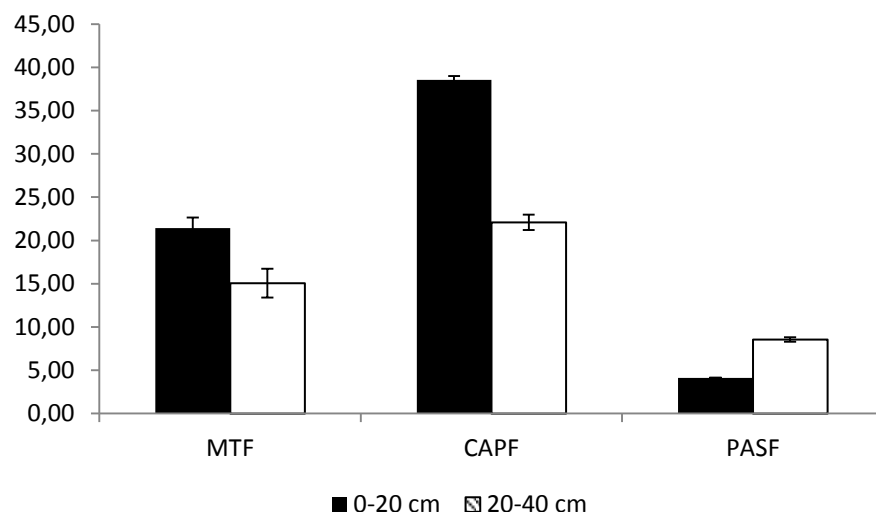


Figura 37 - Relação C/Ne nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Fortuna de Minas. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; F = Fortuna de Minas.

Em Três Marias (Figura 38), o sistema com maior relação foi a pastagem, com 6,54 na profundidade de 0 a 20 cm e 11,29 na profundidade de 20 a 40 cm. Já os menores valores foram observados no sistema mata, com 3,56 na camada de 0 a 20 cm e 8,03 na camada de 20 a 40 cm.

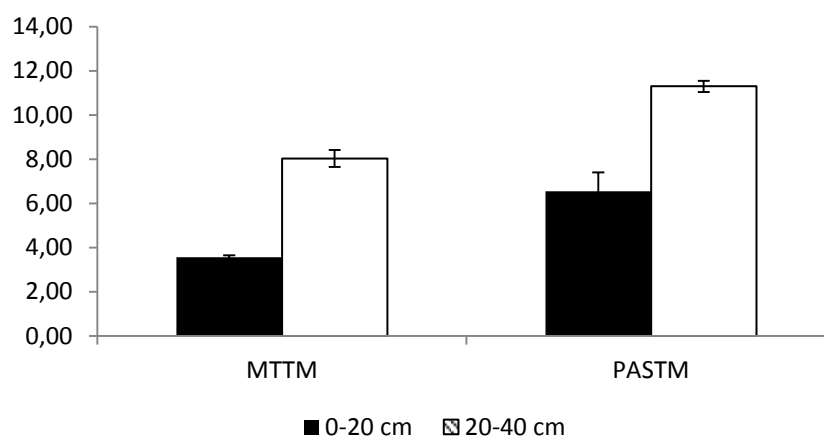


Figura 38 - Relação C/Ne nos diferentes sistemas de uso do solo na região de Três Marias. MT = mata; CAP = capoeira; PAS = pastagem; TM = Três Marias.

Comparando os sistemas entre as regiões, verificou-se que para o sistema pastagem (Figura 39), a maior relação C/Ne foi observada na região de Brumadinho, com 28,73 na camada de 0 a 20 cm e 11,86 na camada de 20 a 40 cm. A menor relação C/Ne foi verificada em Fortuna de Minas, com 4,12 na camada de 0 a 20 cm e 8,56 na de 20 a 40 cm.

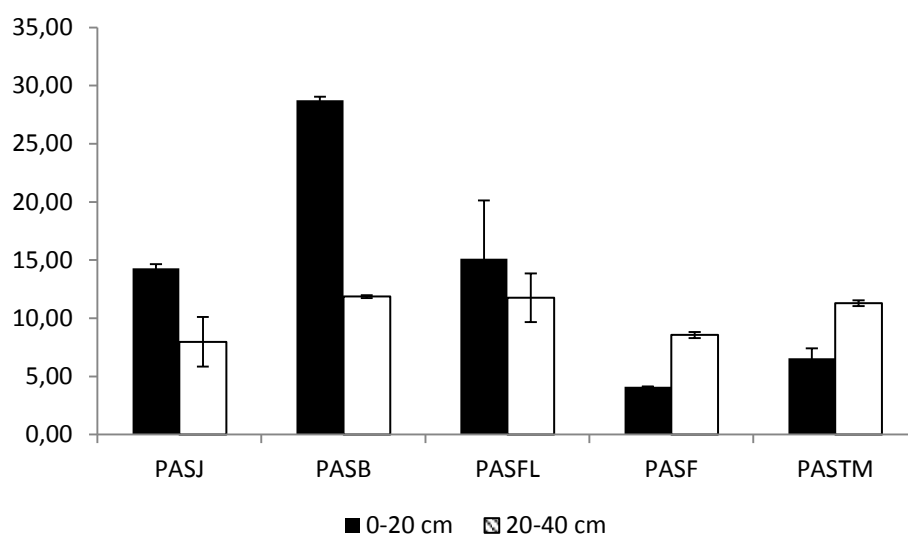


Figura 39 - Relação C/Ne no sistema pastagem nas diferentes regiões amostradas. PAS = pastagem; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

Para o sistema mata (Figura 40), a maior relação C/Ne está na região de Fortuna de Minas, com 21,43 na profundidade de 0 a 20 cm e 15,07 na profundidade de 20 a 40 cm. Os menores valores são observados na região de Três Marias, com 3,56 na camada superficial e 8,03 na subsuperficial.

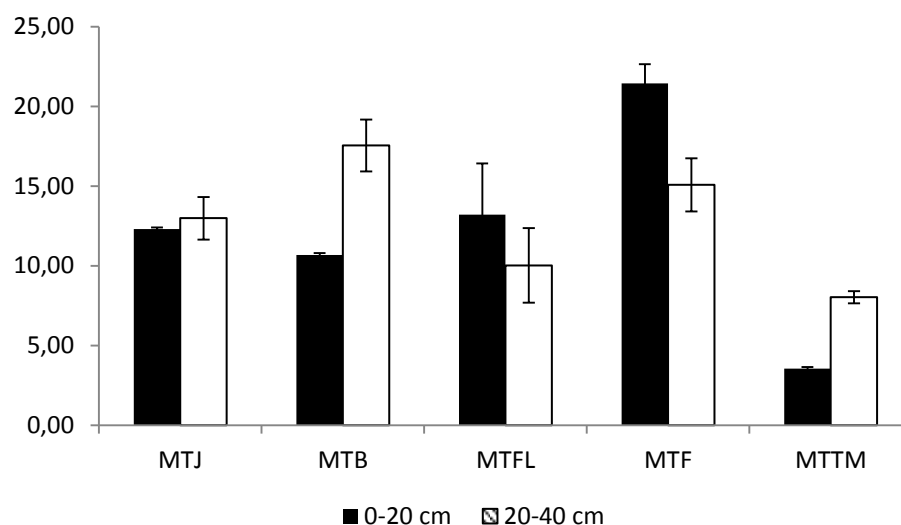


Figura 40 - Relação C/Ne no sistema mata nas diferentes regiões amostradas. MT = mata; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

Finalmente, para o sistema capoeira (Figura 41), os maiores valores para relação C/Ne foram verificados na região de Fortuna de Minas, com 38,54 na camada de 0 a 20 cm e 22,08 na camada de 20 a 40 cm. Os menores valores estão localizados na região de Florestal, com 12,22 na camada superficial e 11,18 na camada subsuperficial.

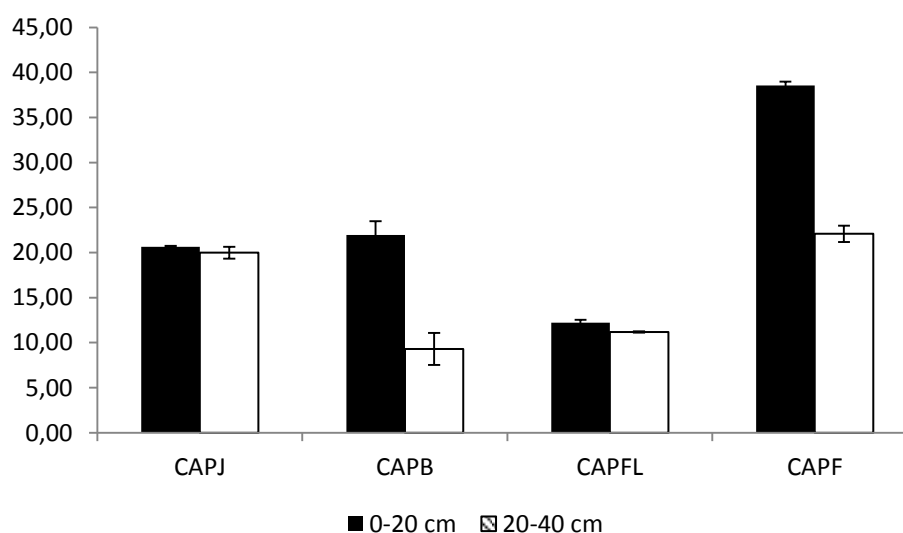


Figura 41- Relação C/Ne no sistema capoeira nas diferentes regiões amostradas. CAP = capoeira; J = Jeceaba; B = Brumadinho; FL = Florestal; F = Fortuna de Minas e TM = Três Marias.

5.6.4 Correlações entre os atributos químicos e físicos do solo

A tabela 2 mostra o conjunto de variáveis estudadas e as correlações de Pearson estimadas entre elas. Os resultados das análises químicas dos solos aparecem nos anexos (Tabelas A a E). Observa-se que apareceram atributos indicadores de quantidade (C, N, EC,

EN) e de qualidade (C/N) da matéria orgânica do solo, acompanhados por outros indicadores de fertilidade do solo, tais como, de geração de cargas (CTC), disponibilidade de nutrientes (e.g., V), acidez (pH, Al^{3+} , m) e capacidade tampão (H+Al) e de física do solo (DS e PT). De forma geral, optou-se por combinar dois critérios para considerar uma correlação estreita, ou seja, para que assumisse como variáveis associadas na seção discussão adiante: $r > 0,60$ e significância estatística. Assim, houve correlação entre as variáveis, indicando a interdependência entre elas. Nota-se que os EC correlacionaram-se positivamente com o Ca^{2+} , SB, t e T ($r = 0,74^{**}$, $0,63^{**}$, $0,64^{**}$ e $0,66^{**}$ respectivamente). Para os EN, observou-se correlação positiva com as variáveis Ca^{2+} , SB e t ($r = 0,65^{**}$, $0,6^{**}$, $0,65^{**}$ respectivamente). Já em relação à razão C/N e C/Ne, ambas se correlacionaram positivamente ($r = 0,62^{**}$). Houve correlação da relação C/Ne apenas com H+Al ($r = 0,62^{**}$). A relação C/N com base nos teores não obteve correlação significativa com os atributos analisados.

Tabela 2 - Matriz de correlações de Pearson para as variáveis ⁽¹⁾ estudadas.

	pH	MOS	C	N	C/N	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne
pH	1	-0,02	-0,02	-0,02	-0,14	0,17	-0,10	0,25	0,29	-0,47*	-0,58**	0,26	0,13	-0,18	0,39*	-0,30	0,13	-0,01	-0,03	0,13	-0,32
MOS		1	0,57**	0,44*	0,03	0,55**	0,21	0,69**	0,25	-0,30	0,01	0,55**	0,59**	0,49**	0,44*	-0,47*	0,38*	-0,49*	0,48**	0,38*	-0,05
C			1	0,70**	0,22	0,49**	0,47**	0,72**	0,34	-0,39	0,43*	0,63**	0,63**	0,85**	0,37*	-0,65**	0,05	-0,11	0,77**	0,50**	0,23
N				1	-0,43*	0,22	0,43*	0,52**	0,30	-0,18	0,25	0,48**	0,53**	0,59**	0,32	0,42*	0,13	-0,03	0,51**	0,59**	-0,19
C/N					1	0,06	0,06	0,01	-0,13	-0,21	0,37*	-0,01	0,07	0,25	-0,12	-0,29	0,10	0,02	0,13	-0,28	0,62**
P						1	-0,04	0,59**	0,27	-0,25	-0,18	0,50**	0,50**	0,30	0,41*	-0,31	0,38*	-0,33	0,38*	0,23	0,01
K							1	0,35	0,40*	-0,37	0,41*	0,42*	0,39*	0,66**	0,37*	-0,57**	-0,32	0,41*	0,11	-0,05	0,17
Ca ²⁺								1	0,71**	-0,53**	-0,15	0,95**	0,93**	0,70**	0,84**	-0,74**	0,24	-0,17	0,74**	0,65**	-0,06
Mg ²⁺									1	-0,64**	-0,39*	0,89**	0,85**	0,56**	0,89**	-0,77**	-0,09	0,27	0,31	0,39*	-0,30
Al ³⁺										1	0,12	-0,56**	-0,35	-0,37	-0,52*	0,76**	0,26	-0,33	-0,32	-0,14	-0,08
H+Al											1	-0,20	-0,15	0,53**	-0,43*	-0,12	-0,16	0,04	0,17	-0,19	0,62**
SB												1	0,97**	0,71**	0,92**	-0,81**	0,14	0,01	0,63**	0,59**	-0,12
t													1	0,72**	0,89**	-0,69**	0,19	-0,08	0,64**	0,65**	-0,16
T														1	0,48**	-0,74**	0,00	0,04	0,66**	0,37*	0,33
V															1	-0,78**	0,17	0,07	0,39*	0,48**	-0,28
m																1	0,10	-0,33	-0,50*	-0,31	-0,12
DS																	1	0,52**	0,26	0,19	0,04
PT																		1	-0,30	-0,33	0,09
CE																			1	0,76**	0,22
NE																				1	-0,40*
C/Ne																					1

⁽¹⁾ Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Materia Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Relação Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Al²⁺, DS= Densidade do Solo, PT= Porosidade Total, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Relação Estoques de Carbono e Nitrogênio. As variáveis das análises de fertilidade do solo encontram-se apresentadas nas Tabelas 1 a 5 dos anexos.

** * : Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t.

5.7 Discussão

Apresenta-se, inicialmente, a interpretação geral dos valores de EC e de EN, em cada uma das profundidades de coleta (0 a 20 cm e 20 a 40 cm). Na sequência, passa-se a discutir o efeito do sistema de uso e manejo (mata, pastagem e capoeira), em cada região amostrada (alto, médio e baixo Paraopeba), finalizando com a discussão das análises de correlação entre as variáveis estudadas, com mecanismos propostos para a compreensão dos resultados e com as inferências possíveis para estratégias de manejo e conservação dos ecossistemas estudados.

5.7.1 Efeito da camada amostrada

Os resultados mostram que as regiões da bacia do rio Paraopeba que apresentaram os maiores EC e EN nas camadas superficiais (0-20 cm), como ocorreu em Fortuna de Minas e Florestal, respectivamente tem esse resultado explicado em virtude do maior acúmulo de material orgânico nos primeiros centímetros do solo. De acordo com Amado (2001), um aumento no teor de MOS nas camadas superficiais é de extrema importância, uma vez que a mesma evita a deformação do solo, fato explicado pela capacidade do húmus em estabelecer ligações entre as partículas minerais, em função do seu elevado número de cargas superficiais e elevada área superficial específica. Em outras regiões, os maiores EC e EN ocorreram nas camadas subsuperficiais (20-40 cm), fato observado em Brumadinho e Florestal respectivamente. Uma hipótese para tal fato pode ser a possível translocação de material orgânico do horizonte A para o horizonte B.

Esses valores elevados de C e N nas camadas mais profundas também podem indicar a possibilidade de um horizonte A enterrado nessa profundidade, como foi reportado por Silva (2012), ao estudar as frações de carbono em topossequência de solos sob eucalipto com diferentes históricos de uso. Curi & Marques (2008) ressaltam que a presença de um horizonte A enterrado é também respaldada por trabalhos de campo onde se verifica áreas de lavoura e, ou, pastagens, conduzidas sem cuidado conservacionista. Segundo os mesmos autores, a ausência de controle da erosão hídrica propicia a erosão de material de solos situados nas cotas superiores e em relevos acidentados e a consequente redeposição e o soterramento do horizonte A original, hipótese essa que deve ser levada em consideração em virtude dos resultados obtidos nesse estudo.

Essa hipótese é fortalecida devido a solubilidade da fração de ácidos fúlvicos (FAF). Ryan e McGarity (1983) constataram que o escoamento da água da chuva pelos troncos de árvores pode resultar em maior mobilidade da FAF, uma vez que a mesma é considerada a fração mais móvel das substâncias húmicas (SH) e apresenta tendência ao acúmulo em profundidade, devido a esta fração acompanhar a movimentação da água no perfil do solo. Tal fato é decorrente da FAF apresentar menor peso molecular e maior densidade de grupos carboxílicos, sendo portando, mais alifática, os quais revelam maior solubilidade e polaridade a essa fração, conferindo à mesma maior mobilidade no solo (CANELLAS et al., 2000).

5.7.2 Efeito do sistema de manejo

Para a pastagem, os maiores EC foram verificados na região de Florestal. Essa região possui sistema de pastejo rotacionado, proporcionando períodos regulares de descanso do pasto, favorecendo assim a rebrotação das forrageiras, o que justifica os resultados obtidos. Valores muito próximos aos encontrados nesse trabalho foram observados por Frazão (2007), ao estudar um Neossolo Quartzarênico para as mesmas profundidades amostradas, em Comodoro (MT). Freixo (2002) obteve um valor semelhante de EC para pastagem, com 20 anos de manejo, o qual apresentou estoque médio de $45,63 \text{ Mg ha}^{-1}$, muito próximos aos verificados nesse trabalho. Oliveira et al. (2008) salientam que os altos EC presentes nas pastagens, estão ligados à MOS a ser degradada e não a quantidade de material produzido. Assim as pastagens que produzem materiais mais resistentes à degradação como lignina e polifenóis, podem garantir uma maior permanência do C em um sistema em relação a outro. Esses resultados também podem ser atribuídos ao sistema radicular mais desenvolvido, volumoso e bem distribuído das gramíneas, o que favorece a elevada deposição de C ao solo na forma de raízes. Segundo Silva et al. (1997), as pastagens, em geral, apresentam distribuição regular do sistema radicular até um metro de profundidade, com 46% das raízes na camada superficial do solo (0-20 cm) e 22,8% nas camadas subsuperficiais (20-40 cm). A aparente eficiência do sistema radicular em aportar C orgânico ao solo provavelmente advém do fato de não estarem expostas aos fatores climáticos e estarem em contato direto com o solo. Os produtos de decomposição das raízes vão sendo adsorvidos aos colóides do solo e formando complexos argilo-orgânicos menos propensos à decomposição, além do fato de a atividade microbiana diminuir com a profundidade (LAL e KIMBLE, 1997). As regiões que apresentaram menores EC, como a de Fortuna de Minas e Três Marias, tinham suas pastagens

mal manejadas, com processo de erosão aparente e solos bem compactados. Dessa forma o aporte de MOS pode ter sido comprometido e a retenção de C reduzida.

Para o sistema mata, os maiores EC foram observados na região de Fortuna de Minas. As matas dessa região se apresentavam bem conservadas e com pouca interferência antrópica. Os valores dos estoques encontrados nessa região foram superiores aos encontrados por Vasconcellos et al. (2010), em uma área sob um fragmento de Mata Atlântica. Alguns autores atribuem esse fato a um maior aporte de material orgânico na superfície do solo, proveniente da queda de folhas, galhos e da casca de árvores, assim um ecossistema em equilíbrio, confere ao solo uma maior capacidade de reter C. Segundo Fonseca et al. (1993), nos sistemas conservacionistas, ou seja, quando é mantido ao solo sua cobertura vegetal, sem queimada ou revolvimento evitando a oxidação da MOS, os microrganismos do solo decompõem os resíduos orgânicos de forma equilibrada, já que a decomposição é compensada pela caída de folhas e galhos. A região que apresentou o menor EC foi a de Três Marias, totalmente inserida no bioma Cerrado. Os resultados encontrados nessa região diferem daqueles encontrados por Castro (1996), no cerrado denso, o qual encontrou valores superiores aos verificados nesse trabalho. Os baixos valores podem ser atribuídos ao fato de o cerrado ser caracterizado por espécies vegetais de menor porte, as quais provavelmente retornam menores quantidades de resíduos para a camada superficial do solo e, além disso, investem boa parte dos fotoassimilados para a produção de um sistema radicular mais espesso e profundo como forma de garantir a absorção de água e nutrientes para atender à demanda da planta, sobretudo, no período de seca. Conforme Reis & Reis (1997), durante o período de seca, a morte de raízes, especialmente as finas é mais intenso, as quais podem vir a fazer parte da MOS e ter refletido nos resultados obtidos. Vale também ressaltar, que a mata, embora tenha um menor valor de C estocado no solo, contribui com valores altos de estoque na biomassa. De acordo com Carvalho (2010), diferentes tipos de florestas plantadas acumulam quantidades distintas de carbono na biomassa aérea e radicular e exibem grande variabilidade espacial na quantidade de carbono estocada em um mesmo tipo de vegetação em locais distintos.

Para o sistema Capoeira, os maiores EC encontrados em Brumadinho diferem dos encontrados por Rossato et al. (2007), ao verificar a recuperação de C em um Chernossolo, onde os mesmos encontraram valores menores que os obtidos nesse estudo. Segundo os mesmos autores, altos teores de C em áreas de revegetação (Capoeira), se deve ao fato de a mesma proporcionar uma rápida recuperação de C no solo, o qual pode atingir, ao longo dos

anos, valores muito próximos aos encontrados na mata nativa. As regiões onde os EC foram baixos para esse sistema, como ocorreram em Jeceaba, se deve ao menor aporte de resíduos orgânicos nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm ($1,86 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,68 \text{ g kg}^{-1}$ respectivamente) fato comprovado também pela baixa relação C/N verificada (7,04 e 11,65), o que pode resultar em uma rápida mineralização do material orgânico pelos microorganismos e com consequente diminuição no aporte de C no solo.

Em relação ao N do solo, os maiores estoques para o sistema pastagem foram verificados na região de Jeceaba. Valores muito próximos aos encontrados nesse trabalho foram observados por Cardoso (2010), ao avaliar os EC e os EN em solos sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal, os quais observaram EN com valor médio de 3,71 a $5,25 \text{ Mg ha}^{-1}$ nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, respectivamente. Durante seu estudo, o autor não observou diferenças significativas nos valores de EN promovidas pela substituição da floresta nativa por pastagem cultivada e, também, pela submissão da pastagem nativa ao sistema de pastejo contínuo. Os resultados do presente trabalho corroboram com os de D'Andrea (2004), ao estudar os EC e EN em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo, onde se observou valores muito semelhantes para o sistema pastagem nas camadas mais profundas. Os autores se embasaram na interpretação de Pulronik et al. (2009), segundo os quais, isso se deve ao fato de os resíduos vegetais depositados no solo sob os ecossistemas naturais serem principalmente constituídos de substratos orgânicos de difícil decomposição, o que contribuiu para incrementos nos EN no solo. O menor EN verificado na região de Três Marias se deve ao fato de a maior parte do N no solo apresentar-se ligado a compostos orgânicos, que nesse caso se encontravam em menor quantidade em virtude da pastagem se encontrar em processo de degradação, marcados pelo solo bem compactado e em processo de erosão. Vale ressaltar que durante a amostragem, parte da pastagem estava consumida por eventuais episódios de fogo ocorridos nessa região. Além disso, nos pontos desprovidos de cobertura vegetal, a incidência direta de raios solares aumenta a temperatura do solo que, por sua vez, pode ter intensificado a atividade microbiológica, alterando, portanto, os EC e, simultaneamente, os EN (Whithölter, 2000).

Ao comparar o sistema mata entre as regiões em estudo, os valores mais altos verificados em Fortuna de Minas foram bem próximos aos verificados por Rangel et al. (2007), em seu estudo sobre os EC e EN em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo, onde foram verificados EN médios de $2,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $8,98 \text{ Mg ha}^{-1}$ nas camadas superficiais e subsuperficiais, respectivamente. No sistema capoeira, o maior EN encontrado

na região de Brumadinho difere daqueles mencionados por Rangel et al. (2012), ao analisar os EC e EN de um Argissolo Amarelo Distrófico, onde foram encontrados valores inferiores aos determinados nesse trabalho. Dessa forma, o aumento do N nos sistemas mata, capoeira e pastagem estão provavelmente vinculados ao maior volume de resíduos vegetais retornados ao solo e, também, aos maiores EC nesses sistemas. Assim, o maior armazenamento de C implica em maior disponibilidade de N, uma vez que mais de 95% do N do solo está presente na forma orgânica (CAMARGO et al., 1999).

As regiões que apresentaram os menores EN tem esse fato associado à maior mobilidade que esse nutriente tem no solo e, além disso, a falta de cobertura vegetal pode ter intensificado as perdas do mesmo por lixiviação.

Quanto à relação C/N e C/Ne, os maiores valores observados para o sistema pastagem, nas regiões de florestal e Brumadinho, diferem dos encontrados por Pegoraro et al. (2007), ao analisar a relação C/N nas frações da matéria orgânica em um Argissolo sob pastagem e eucalipto, onde foram encontrados valores superiores. Por outro lado, Barreto et al. (2008), em seu estudo sobre o fracionamento físico e químico do carbono orgânico total em solos sob mata submetidos a diferentes sistemas de uso, obteve valores para relação C/N iguais a 22,12 e a 26,21 nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm respectivamente, muito próximos aos valores do presente estudo.

Nas matas, os resultados mais elevados encontrados na região de Florestal e Fortuna de Minas, ao considerar as razões C/N e C/Ne respectivamente, diferem daqueles encontrados por Leite et al. (2003), em seu estudo sobre estoques totais de C orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica, onde se observou valores inferiores, com média de 55,62 para a camada de 0 a 20 cm e 44,38 para a de 20 a 40 cm.

O sistema capoeira apresentou altas relações C/N e C/Ne, principalmente na região de Brumadinho e Fortuna de Minas respectivamente, diferindo dos resultados descritos na literatura. Favareto (2000), ao estudar o efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo, encontrou valores inferiores aos verificados no presente trabalho, onde a relação C/N média do solo na profundidade de 0 a 20 cm foi de 11,3. Melo (1994), no trabalho desenvolvido com espécies forrageiras em áreas degradadas, encontrou uma relação C/N de 12,1.

Vários fatores influenciaram nas diferenças entre o material orgânico acumulado nos diferentes sistemas amostrados. Os altos valores para as relações C/N e C/Ne, podem ser

atribuídos à lenta decomposição do material orgânico adicionado ao solo, à maior proporção de material lignificado e principalmente as condições climáticas consideradas desfavoráveis para decomposição no período de estudo conforme destacado por Holtz (1995). Também pode-se atribuir as altas relações C/N e C/Ne ao carvão aportado pelas queimadas (MO pirogênica) especialmente na região do médio Paraopeba, onde tais práticas ainda são relativamente comuns, a despeito de seu inadequado caráter (DICK et al., 2013). Toda a dinâmica das reações no material acumulado na superfície do solo é influenciada por fatores do ambiente, temperatura e umidade, pela qualidade inicial do material formador, pelos componentes orgânicos, pela lignina e polifenóis, pelos macronutrientes e, em condições especiais, micronutrientes; pelos organismos do solo, como fauna, actinomicetos e bactérias entre outros (O'CONNELLE E SANKARAN, 1997). Dessa forma Mendham (2004), relata que quanto maior a relação C/N mais lento é o processo de degradação do material orgânico, o que justifica o aumento nos EC nos sistemas avaliados, uma vez que esse material se torna mais difícil de ser oxidado pelos microorganismos. Os menores valores de relação C/N encontrados podem ser atribuídos à maior labilidade do material orgânico adicionado ao solo. Consequentemente tais materiais são decompostos mais rapidamente pelos microorganismos que passam a consumir C originário da MOS, causando assim redução no seu teor, na falta de C-lábil (HAYNES, 2000).

5.7.3 Relação com a fertilidade do solo

De uma forma geral, os solos que apresentaram maiores EC e EN tendem a ser mais férteis, fatos comprovados pela análise de correlação. Os resultados obtidos na análise de correlação entre os EC e os demais atributos diferem dos encontrados por Garay (2003), em seu estudo sobre a comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*, onde os valores encontrados pelo mesmo, para Ca^{2+} , SB e CTC foram ($r = 0,69^{**}$, $0,73^{**}$ e $0,89^{**}$, respectivamente). Para os EN, o mesmo autor encontrou valores bem semelhantes aos verificados nesse estudo para as variáveis Ca^{2+} , SB e CTC ($r = 0,65^{**}$, $0,66^{**}$ e $0,82^{**}$, respectivamente). As correlações significativas encontradas entre os EC e os EN com a CTC se mostram de suma importância, uma vez que solos com menor CTC apresentam maior capacidade de perder nutrientes por lixiviação conforme apontado por Braga (2010). A CTC é um fator de proteção da matéria orgânica. Dessa forma, em sistemas florestais, os elevados valores de CTC, são também

importantes para aumentar os EC e vice-versa, ou seja, maior estoque, maior CTC, maior fertilidade. A forte correlação entre os EC, CTC e SB, se deve principalmente a qualidade desse material adicionado ao solo, o qual proporciona uma maior solubilização de nutrientes em solos minerais, alta capacidade de troca catiônica (CTC), promove a diminuição da acidez do solo, melhora a nutrição de plantas em micronutrientes pela formação de quelatos, também melhora a capacidade tampão do solo, reduz a toxidez a pesticidas e outras substâncias e aumenta a porosidade total, melhorando assim a física e a biologia do solo, além de favorecer a recarga do lençol freático, fato comprovado por Ciotto, et al. (2003).

5.7.3 Implementação de técnicas de manejo

Diante da presente avaliação, realizada na Bacia do Rio Paraopeba, o cenário observado na mesma não é promissor. A bacia vem sendo degradada ao longo de seu curso em virtude das atividades desenvolvidas em seu entorno como, mineração, extração de areia e manejo agropecuário e florestal inadequados. Essas atividades, se não bem manejadas, são potencialmente danosas, tanto para os solos quanto para o ecossistema, resultando em mudanças na composição de espécies e consequentemente na perda de biodiversidade no entorno da bacia. Dentre os sistemas estudados, as matas foram as que proporcionaram maior EC, EN e fertilidade do solo. Técnicas que possam manter esse patamar são fundamentais. Uma delas é a integração lavoura, pecuária e floresta, a qual promove a recuperação de pastagens degradadas, possibilitando, ao mesmo tempo, um aumento da biodiversidade e controle dos processos erosivos, aliados com a manutenção da cobertura do solo, sendo uma alternativa econômica e sustentável para elevar a produtividade de áreas degradadas. Souza (2015), ao estudar os EC, suas estabilidades em sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta, obteve resultados que confirmaram o efeito de manejo tanto nos EC, como na bioatividade das substâncias húmicas isoladas desses estoques. Outros autores, como Souza & Vieira (2011); Carneiro & Pereira (2014), também relataram os efeitos benéficos dessa prática para o sistema solo. A rotação de culturas, em áreas de cultivo de hortaliças observado ao longo do Paraopeba, pode ser uma boa alternativa para evitar o desgaste do solo, pois tem vantagens como: a produção diversificada de alimentos melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo, auxilia no controle de ervas daninhas, doenças e pragas, repõe a matéria orgânica do solo e protege o solo da ação de agentes de intemperismo.

Práticas como a restauração de matas ciliares na bacia, também fornecem retornos positivos, uma vez que a presença de uma vegetação bem desenvolvida deverá funcionar não apenas como um filtro para garantir a qualidade da água, mas também como proteção das margens do rio contra os processos erosivos. O reflorestamento de áreas desprovidas de vegetação (incluindo todas as áreas de proteção permanente), também será muito eficaz no manejo do solo na bacia, pois traz vários benefícios, tais como: filtram os sedimentos, protegem as encostas de rio, aumentam a porosidade do solo devido à presença de raízes profundas e volumosas, diminuem o escoamento superficial da água pelo solo, permitem a criação de refúgios para a fauna e pode gerar fonte de energia, através da lenha produzida. O reflorestamento pode ser feito em faixas, intercalando-se com culturas anuais. Essa prática favorece a fertilidade natural do solo, que fica rico em nutrientes, e também o protege de ação prejudicial de agentes físicos, especialmente a água, melhorando a ambiência biológica.

Portanto, as formas de manejo do solo aqui mencionadas são de suma importância para a preservação dos recursos naturais e para a conservação do carbono no solo, o qual pode ser usado como subsídio para a elaboração de projetos, no âmbito dos mecanismos de desenvolvimento limpo, como indicador de perturbações ambientais atuais e futuras, ou seja, para avaliação e monitoramento dos ecossistemas naturais e agrários. Restaurar os EC e os EN, como os resultados do presente trabalho permitem inferir, é restabelecer os adequados atributos químicos e físicos, fundamentais tanto para a biodiversidade, como para a agropecuária.

5.8 Conclusões

Os estoques de carbono, estoques de nitrogênio e razão C/N foram indicadores sensíveis das alterações decorrentes da adoção de diferentes sistemas de uso e manejo dos solos.

Os maiores valores de EC foram obtidos nas camadas subsuperficiais do solo (20-40 cm). A região de Fortuna de Minas (baixo Paraopeba) foi a mais eficiente no acúmulo de C, estocando cerca 77% mais C que as outras regiões.

Os valores de EN também foram mais expressivos nas camadas mais profundas (20-40 cm), sendo a região de Florestal (médio Paraopeba), a que apresentou os maiores estoques acumulando cerca de 26% mais N que as demais regiões.

A razão C/N apresentou altos valores nas camadas subsuperficiais. A região de Florestal foi a que apresentou maior razão C/N, em torno de 60% maior em relação às outras regiões.

A partir da análise de correlação, foi possível verificar que os valores de EC e EN se correlacionam positivamente com Ca^{2+} , CTC, e SB, mostrando que as regiões com alta CTC também possuíam maiores EC e maior fertilidade.

Dentre os sistemas avaliados, as matas foram as mais eficientes na estocagem do C e N, estocando 77% mais C e 78% mais N em relação às pastagens e capoeiras.

Os resultados mostraram que é necessário a execução de planos de manejo para a conservação das matas na bacia do Rio Paraopeba, já que tal sistema mostrou maior sequestro de C, uma vez que as taxas de material orgânico (folhas e galhos) são maiores, contribuindo assim para melhorias na qualidade do solo, principalmente os mais intemperizados, como é o caso dos Latossolos, os quais apresentam baixo EC, alta acidez, elevada fixação de P e baixa disponibilidade de nutrientes.

Dessa forma, torna-se evidente o potencial desses indicadores químicos de qualidade do solo, tanto para a avaliação atual, como para o monitoramento futuro, do manejo e conservação dos ecossistemas estudados nesse trabalho.

6 CARBONO E NITROGÊNIO INCORPORADOS A ÁGUA E AOS SEDIMENTOS MARGINAIS SOB DIFERENTES USOS DO SOLO NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA-MG

RESUMO

O conhecimento dos teores de compostos orgânicos em ecossistemas aquáticos é de grande importância, uma vez que a matéria orgânica dissolvida representa um componente dinâmico na interação entre as geosferas (atmosfera, pedosfera, hidrosfera, biosfera, etc) e, como tal, tem o potencial para influenciar os ciclos biogeoquímicos. Nesse contexto o objetivo desse estudo foi avaliar os teores de carbono (C), nitrogênio (N) e a razão carbono e nitrogênio (C/N) nas águas e nos sedimentos da Bacia do Rio Paraopeba-MG. As amostras foram coletas nas localidades de Jeceaba, Brumadinho, Fortuna de Minas, Florestal e Três Marias, acondicionadas em potes de vidro e congeladas. Para a determinação dos teores de C utilizou-se o método de Walkley & Black e para o N foi utilizado o método de Kjeldahl. Os resultados mostraram que os teores de C variam de 4,75 a 5,97 g kg⁻¹, tendo a região de Fortuna de Minas apresentado o maior valor. Foi estabelecido a seguinte sequência para o C: Fortuna de Minas > Jeceaba > Florestal > Brumadinho > Três Marias. O N variou de 0,73 a 1,08 g kg⁻¹ e a região de Florestal revelou o maior teor, estabelecendo-se a seguinte ordem: Florestal > Fortuna de Minas > Brumadinho > Três Marias > Jeceaba. E, por fim, a razão C/N apresentou variação de 5,15 a 21,25, sendo esse último valor verificado na região de Brumadinho, com a seguinte ordem: Brumadinho > Três Marias > Jeceaba > Fortuna de Minas > Florestal. Em relação às amostras de água, os teores de carbono orgânico dissolvido (COD) oscilaram entre 0 a 0,25 g L⁻¹, com a região de Três Marias apresentando o maior valor e a de Brumadinho o menor atribuindo-se a seguinte ordem: Três Marias > Jeceaba > Fortuna de Minas > Florestal > Brumadinho. Como os valores de COD foram muito baixos ou mesmo nulos não se determinaram os teores de N e a razão C/N, ou seja, os resultados foram aquém do limite de detecção. A partir da análise de correlação verificou-se que os atributos químicos da água e dos sedimentos correlacionaram-se de forma significativa com atributos químicos e físicos do solo, tendo destaque para o pH, Al³⁺, Ca²⁺, K, P, Mg²⁺, H+Al, SB, CTC efetiva e total, V, m, DS e PT. Conclui-se, portanto que os teores de C, N e razão C/N foram indicadores sensíveis de alterações ocorridas no ecossistema aquático em virtude de mudanças no uso e manejo do solo na Bacia em estudo, tendo reflexo direto na incorporação de matéria orgânica (MO) na água e nos sedimentos pelo menor aporte do mesmo.

Palavras chave: Matéria Orgânica, sedimentação e geoquímica.

CARBON AND NITROGEN INCORPORATED WATER AND SEDIMENTS UNDER DIFFERENT USES OF MARGINAL LAND IN RIVER BASIN PARAPEBA-MG

ABSTRACT

The knowledge of the levels of organic compounds in aquatic ecosystems is of great importance, since the dissolved organic matter is a dynamic interaction between the component geosferas (air, pedosphere, hydrosphere, biosphere, etc.) and as such has the potential to influence the biogeochemical cycles. In this context, the objective of this study was to evaluate the carbon (C), nitrogen (N) and carbon and nitrogen ratio (C/N) in the sediments and water located the banks of the Parapeba River MG. The samples were collected in duplicate, in the localities of Jeceaba, Brumadinho, Fortuna de Minas, Florestal and Três Marias, packed in glass jars and frozen at 0° C. For the determination of the C and N content was used the method of Walkley & Black and Kjeldahl respectively. The results showed the C content ranging from 4.75 to 5.97 g kg⁻¹, with Fortuna de Minas region showing the highest value. The following sequence to the C was established: Fortuna de Minas > Jeceaba > Florestal > Brumadinho > Três Marias. The N ranged from 0.73 to 1.08 g kg⁻¹ and the Florestal region showed the highest content, establishing the following order: Florestal > Fortuna de Minas > Brumadinho > Três Marias > Jeceaba. Finally the C/N ratio had ranged from 5.15 to 21.25, the latter being registered in Brumadinho region. The following order was observed: Brumadinho > Três Marias > Jeceaba > Fortuna de Minas > Florestal. Regarding the water samples the COD levels ranged from 0 to 0.25 g L⁻¹ with the Três Marias region showing the highest value and Brumadinho the lowest assigning the following order: Três Marias > Jeceaba > Fortuna de Minas > Florestal > Brumadinho. As COD values were very low or the N content and C/N ratio zero is not determined, so, results were below the detection limit. From the correlation analysis it was found that the soil chemical and physical properties of water and sediment correlated significantly with the chemical properties, and especially with the pH, Al³⁺, Ca²⁺, K, P, Mg²⁺, H + Al, SB, CTC effective and total V, m, DS and PT. It follows therefore that the contents of C, N and C/N ratio were sensitive indicators of changes in the aquatic ecosystem due to changes in the use and soil management in the vicinity of the Parapeba basin river under study having a direct impact on incorporation of organic matter (OM) in water and sediments by the lower contribution of the same.

Keywords: Organic Matter, sedimentation and geochemistry.

6.1 INTRODUÇÃO

O uso e a cobertura do solo têm um papel fundamental no delineamento do ambiente em escala global, regional e local. Mudanças no uso e cobertura do solo influenciam a diversidade biológica (Olson, 1985), o clima (Panhota et al., 2003) e os ciclos biogeoquímicos e da água (MEIXNER & EUGSTER, 1999). A retirada da floresta nativa pode resultar em aumentos da temperatura do solo, da erosão, e em modificações do balanço hídrico e na disponibilidade de nutrientes (VITOUSEK & MELILLO 1979; SWANK & CROSSLEY, 1988). Consequentemente, o transporte de sedimentos, material orgânico e nutrientes associados, para os rios é também alterado, geralmente, num ciclo vicioso de perturbações ambientais (PANHOTA, 1995).

A degradação da matéria orgânica em ecossistemas aquáticos dá lugar a um complexo ciclo do C e N que determina tanto as estruturas, como o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Segundo Mayers & Lallier-Verges (1999), a matéria orgânica entra nesses sistemas na forma de carbono orgânico dissolvido (COD) e particulado (COP) detrital, e é originada da complexa mistura de lipídios, carboidratos, proteínas, e outros compostos produzidos por organismos que vivem nos lagos e em sua bacia de drenagem. Para Wetzel (1995), a transformação bioquímica da matéria orgânica introduzida pelo metabolismo microbiano é fundamental para a dinâmica dos ciclos dos nutrientes e do fluxo de energia dos ecossistemas aquáticos.

O material orgânico não decomposto na coluna d'água é incorporado aos sedimentos, onde pode ser preservado ou sujeito a degradação biológica (HAKANSON & JONSSON, 1983). A razão C/N é um estimador de estabilidade que permite inferir sobre a qualidade do sequestro. Dessa forma, para avaliar se os estoques de C e N dos sedimentos persistirão (estabilidade) ou serão degradados são necessárias avaliações qualitativas (C/N).

Durante o processo de sedimentação e incorporação nos sedimentos lacustres, as perdas de matéria orgânica podem ser expressivas (MAYERS & EADIE ,1993). Quanto à origem, o COD pode ser autóctone ou alóctone. As principais fontes de COD autóctone são os produtores primários, tanto o fitoplâncton quanto as macrófitas aquáticas. Segundo Wetzel (1992), o fitoplâncton é responsável pela maior parte da produção primária e excreção de COD autóctone para as águas em lagos mais profundos, em contrapartida em lagos rasos, que constituem a maior parte dos lagos do planeta, as macrófitas passam a ter maior importância.

Já o COD alóctone é produzido externamente, podendo ter origem terrestre ou em outro ecossistema aquático, sendo carregado pelo escoamento superficial ou lixiviação dos solos adjacentes (PORCAL, 2004).

Estima-se que o COD em ecossistemas aquáticos, tanto de água doce como em marinhos, está em igual magnitude ao carbono na forma de CO₂ em toda atmosfera (FARRINGTON, 1992). A concentração do COD pode ser especialmente heterogênea ao longo da coluna d'água ou horizontalmente, em função da proximidade de fontes de carbono como tributários, margens com vegetação e outras características hidrológicas (WETZEL, 1992; PORCAL, 2004).

Da mesma forma que o C, o N se encontra nas suas formas dissolvidas e particuladas em ecossistemas aquáticos, tendo origem autóctone e alóctone. O N é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, graças à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos dos seres vivos. Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária dos lagos e reservatórios (METCALF & EDDY, 1991). Segundo Cónsul (2004), as principais fontes naturais de N são a chuva, o material orgânico e inorgânico de origem externa e a fixação biológica no lago por bactérias e por algas cianofíceas. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de N. Também nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização (MOROZOVA, 2003).

Nos lagos de regiões temperadas, o N amoniacal, nitrato e nitrito estão diretamente relacionados com os processos de produção e decomposição. Em consequência, a sua distribuição vertical na coluna d'água é função desses processos que, por sua vez, são influenciados pelo comportamento térmico da massa d'água. Nos lagos tropicais, parece não existir relação muito forte entre a concentração de N-amoniacal e a produtividade, mas sim com a duração do período da estratificação térmica (BRIGANTE, 2003). Dessa forma, tanto o C como o N desempenham um papel muito importante na manutenção dos corpos aquáticos.

O objetivo do presente trabalho foi analisar os teores de C, N total e razão C/N nas amostras de sedimentos marginais e de água amostrados da bacia do Rio Paraopeba-MG e correlaciona-los com os atributos químicos e físicos dos solos da bacia em estudo.

6.2 MATERIAL E METÓDOS

6.2.1 Área de Estudo

Esta pesquisa foi realizada em cinco municípios ao longo da bacia do Rio Paraopeba-MG, em regiões correspondentes aos segmentos conhecidos como alto, médio e baixo curso do rio. Os municípios são: Jeceaba (20° 32' 6" S e 43° 58' 58" O), correspondente ao alto Paraopeba, com clima temperado e verão ameno, com temperaturas oscilando em torno de 18° a 22°C; Brumadinho (20° 08' 34"S e 44° 12' 00"O) e Florestal (19° 53' 20"S e 44° 25' 58" O), os quais pertencem ao médio Paraopeba, com clima do tipo temperado e com verão quente, com temperaturas em torno dos 19° a 24°C; e por fim Três Marias (18° 12' 21"S e 45° 14' 31"O); e Fortuna de Minas (19° 33' 39"S e 44° 26' 49"O) que por sua vez se localizam no baixo Paraopeba, com clima do tipo tropical chuvoso, quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso.

6.2.2 Amostragem

A amostragem foi realizada nas margens do rio Paraopeba, como mostra a figura abaixo com os respectivos pontos de localização geográfica (Figura 42). As amostras de água e os sedimentos foram coletadas e alocadas em potes de vidro hermeticamente fechados e congeladas em temperatura de 0° C. Após as coletas, as amostras foram levadas ao laboratório da UFV-CAF, onde se procedeu as análises químicas.

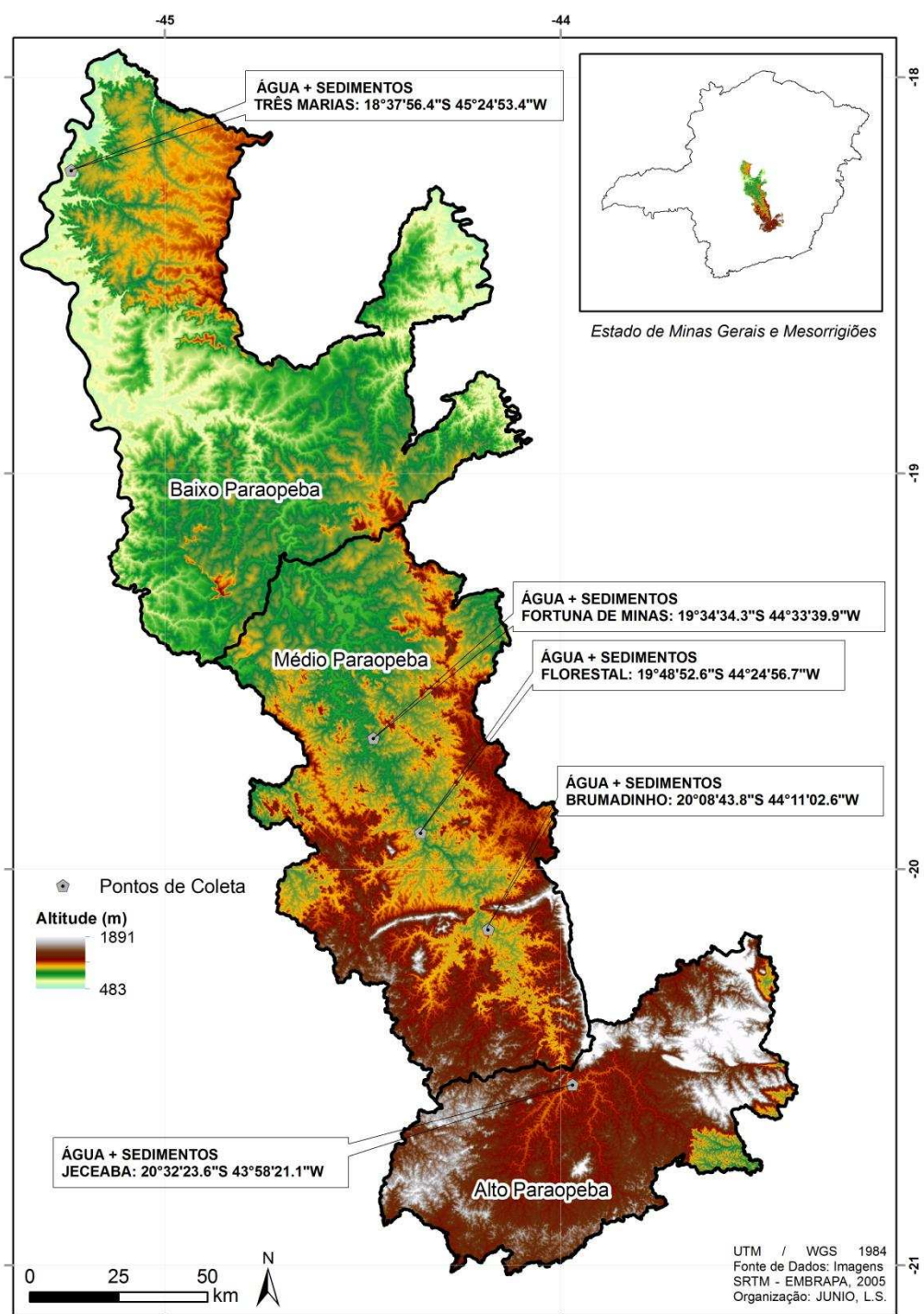


Figura 42 - Localização geográfica dos pontos de coleta de água e sedimentos nas margens da Bacia do Rio Paraopeba (MG).

6.3 Análises Químicas

6.3.1 Carbono Orgânico nas Águas e Sedimentos

A determinação C nas águas e nos sedimentos se procedeu com base na metodologia proposta por Walkley & Black (1983), conforme EMBRAPA (1997; 2013), que consiste na oxidação sulfúrica do material orgânico. Para análise do carbono em água, foi utilizado uma alíquota de 2 mL de água, a qual foi misturada a 10 mL de solução de $K_2Cr_2O_7$ e 25 mL de H_2SO_4 p.a. em erlenmeyers de 125 mL, em temperatura ambiente. Após o resfriamento, foram adicionados 40 mL de água destilada, 10 mL de H_3PO_4 p.a. e procedendo-se a titulação com solução de $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, sendo utilizado como indicador a solução ácida de difenilamida 1%. O procedimento foi realizado em triplicata e, paralelamente, foram realizadas provas em branco.

6.3.2 Nitrogênio nos Sedimentos

O N dos sedimentos foi determinado pelo método de Kjeldahl (1883), conforme proposto pela Embrapa (1997), onde o N presente em aproximadamente 0,5 g de sedimento é convertido em sulfato de amônio através da oxidação com uma mistura digestora a base de $CuSO_4$, $NaSO_4$ e selênio. A digestão foi conduzida em chapa quente ou bloco digestor sob temperatura superior a $360^\circ C$, por aproximadamente cinco horas, com posterior destilação a vapor. O destilado foi recolhido em solução de H_3BO_3 (20 g L^{-1}), misturada a uma solução de verde de bromocresol e vermelho de metila, e, posteriormente, titulado com solução de HCL $0,05\text{ mol L}^{-1}$, até que a solução indicadora em ácido bórico assumia uma coloração alaranjada. Os teores de nitrogênio foram verificados em duplicata, com a realização de provas em branco.

6.3.3 Análises Estatísticas

Nas análises estatísticas foi estimada a média e seu erro padrão, e também foi realizada uma análise de correlação de Pearson entre os atributos físicos e químicos do solo com os atributos químicos da água e dos sedimentos (STEEL & TORRIE, 1960).

6.4 RESULTADOS

6.4.1 Carbono Orgânico, Nitrogênio Total e Razão C/N nos Sedimentos.

Os resultados dos teores de C, N e a razão C/N nos cinco locais amostrados estão apresentados nas Figuras 43 a 45.

Observa-se que os teores de C variaram de $4,75 \text{ g kg}^{-1}$ a $5,97 \text{ g kg}^{-1}$, e não apresentaram diferença estatística quanto a margem de erro.

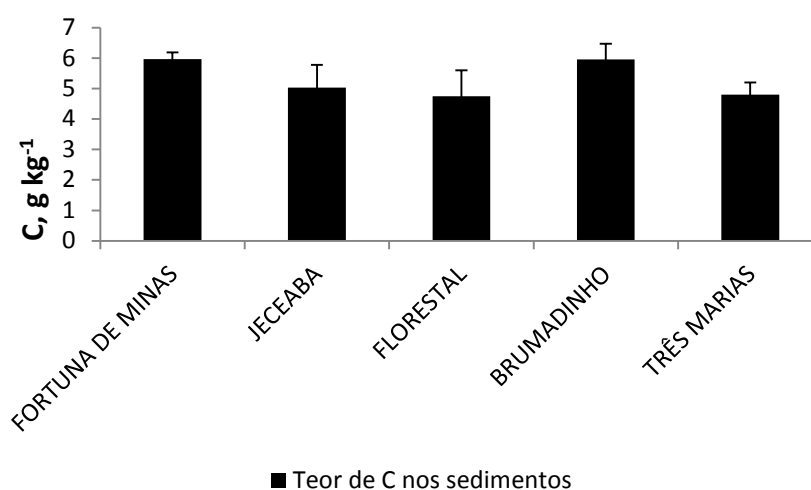


Figura 43 - Teores de C nos sedimentos das diferentes regiões amostradas no entorno da bacia do Rio Paraopeba (MG).

Para o N, os teores variaram de $0,28 \text{ g kg}^{-1}$ a $1,08 \text{ g kg}^{-1}$, com a região de Florestal apresentando o maior valor. Os teores nessa região foram 28% maiores em relação às demais. Porém, o menor teor foi observado na região de Jeceaba. Foi observada uma tendência no aumento dos teores da região de cabeceira para a foz do Rio, à exceção de Jeceaba que aportou pouco C e, conseqüentemente, pouco N por estar em cabeceira mal preservada.

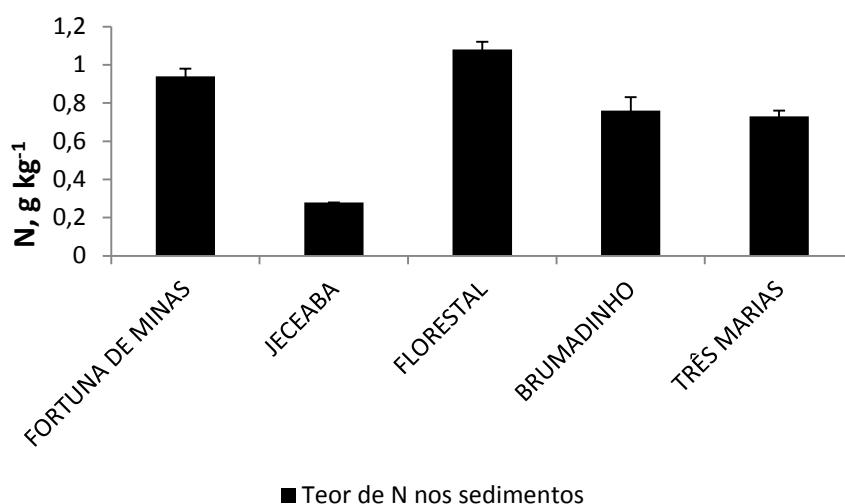


Figura 44 - Teores de N nos sedimentos das diferentes regiões amostradas no entorno da bacia do Rio Paraopeba (MG).

Quanto à relação C/N observa-se que a região que apresentou maior valor foi a de Brumadinho, com uma relação C/N 47% maior em relação às demais regiões.

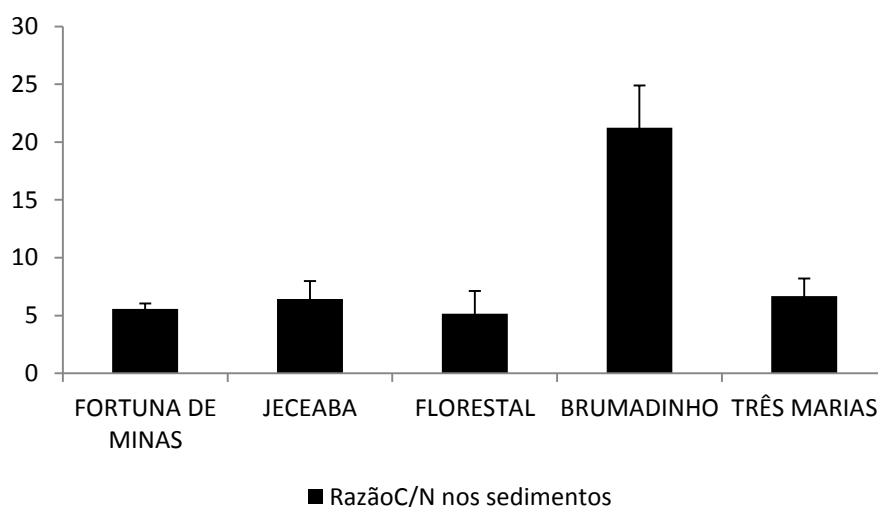


Figura 45 - Razão C/N nos sedimentos das diferentes regiões amostradas no entorno da bacia do Rio Paraopeba (MG).

6.4.2 Carbono Orgânico Total nas Amostras de Águas (C_{H2O})

Os teores de C_{H2O} verificados nas amostras de água estão apresentados na abaixo figura 46. Observa-se que os teores variaram de 0 a 0,25 g L⁻¹, com a região de foz apresentando um valor 9% maior em relação as demais regiões.

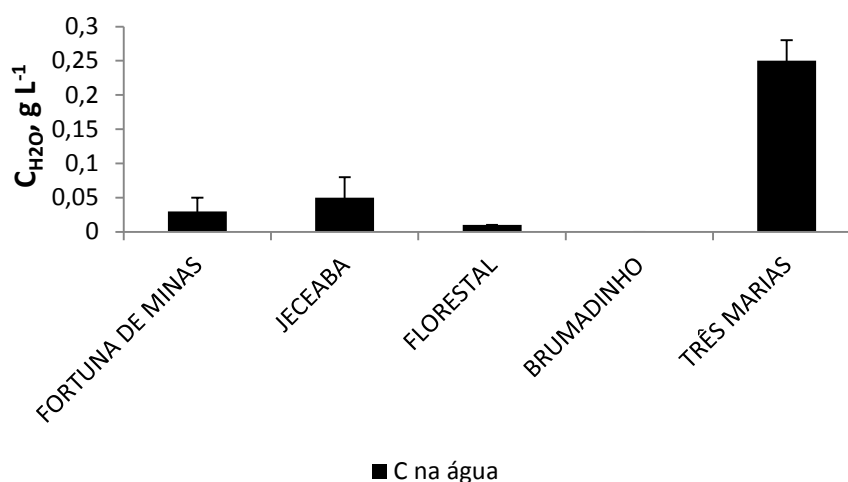


Figura 46 - Teores de C nas águas da bacia do Rio Paraopeba (MG).

6.4.3 Correlações de Pearson entre os atributos químicos de físicos do solo com os atributos químicos da água e dos sedimentos

As tabelas de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas se encontram nas Tabelas 6 a 15 dos anexos. Inicialmente foi feita uma correlação geral entre todos os atributos químicos e físicos do solo, com os atributos químicos da água e dos sedimentos. Verificou-se que houve correlação positiva entre o C_{H_2O} com o Al^{3+} ($r = 0,75^*$). Já o C_{sed} correlacionou-se significativamente com o Al^{3+} ($r = 0,71^*$).

Também foi estabelecida uma correlação entre os atributos de cada sistema em uso, considerando as profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, e uma correlação entre as médias de ambas as profundidades. Nas tabelas 6 a 8 dos anexos estão apresentadas as correlações entre os atributos químicos e físicos do sistema capoeira nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm com os atributos químicos da água e dos sedimentos. Para a profundidade de 0 a 20, cm foi verificado correlação significativa entre o C_{H_2O} com o Al^{3+} , PT, N_{sed} e CN_{sed} ($0,73^*$, $0,79^*$, $-0,74^*$, $0,80^*$ respectivamente). O C_{sed} correlacionou-se com pH, MOS, C, CTC total, m, e CE ($r = 0,99^*$, $-0,80^*$, $-0,79^*$, $-0,87^*$, $-0,87^*$, $-0,87$ respectivamente). Para o N_{sed} , observou-se correlação do mesmo com o N, c/n, P, Al^{3+} , m, DS, PT, NE, C/Ne, C_{H_2O} e CN_{sed} ($r = -0,97^*$, $0,84^*$, $-0,77^*$, $-0,83^*$, $-0,79^*$, $0,82^*$, $-0,90^*$, $-0,92^*$, $0,80^*$, $-0,74^*$, $-0,99^*$ respectivamente). Já para a razão C/ N_{sed} houve correlação significativa com o C, N, c/n, P, Al^{3+} , m, DS, PT, NE, C/Ne, C_{H_2O} e N_{sed} ($r = 0,76^*$, $0,99^*$, $-0,75^*$, $0,78^*$, $0,90^*$, $0,86^*$, $-0,87^*$, $0,87^*$, $0,95^*$, $-0,74^*$, $0,80^*$, $-0,99^*$ respectivamente).

Ao considerar a profundidade de 20 a 40 cm, observa-se que o C_{H_2O} apresentou correlação com as seguintes variáveis: N, P, DS, Nsed e C/Nsed ($r = 0,70^*$, $0,84^*$, $-0,71^*$, $-0,74^*$, $0,80^*$ respectivamente). O Csed correlacionou com o pH, MOS, C, c/n, Al^{3+} , H+Al, CTC total, m, DS, PT, CE, E C/Ne ($r = 0,85^*$, $-0,80^*$, $-0,74^*$, $-0,71^*$, $-0,96^*$, $-0,91^*$, $-0,73^*$, $-0,87^*$, $0,68^*$, $0,90^*$, $-0,74^*$, $-0,70^*$ respectivamente). O Nsed teve correlação com C, N, P, K, Ca^{2+} , CE, NE, C/Ne e C/Nsed ($r = -0,74^*$, $-0,99^*$, $-0,92^*$, $-0,72^*$, $-0,70^*$, $-0,74^*$, $-0,96^*$, $-0,74^*$, $-0,99^*$ respectivamente). A razão C/Nsed teve correlação com o C, N, P, K, Ca^{2+} , NE, C_{H_2O} e Nsed ($r = 0,82^*$, $0,99^*$, $0,97^*$, $0,73^*$, $0,80^*$, $0,91^*$, $0,80^*$, $-0,99^*$ respectivamente).

Ao considerar a média das profundidades, o C_{H_2O} correlacionou-se com o N e C/Nsed ($r = 0,70^*$, $0,80^*$ respectivamente). O Csed teve correlação com o pH, MOS, C, H+Al e CTC total ($r = 0,89^*$, $-0,79^*$, $-0,76^*$, $-0,85^*$, $-0,80^*$ respectivamente). O Nsed correlacionou-se com o C, N, c/n, P, NE, C/Ne, e C/Nsed ($r = -0,70^*$, $-0,92^*$, $0,71^*$, $-0,73^*$, $-0,89^*$, $-0,74^*$, $-0,99^*$ respectivamente). A razão C/Nsed obteve correlação com o C, N, P, CTC total, NE, e Nsed ($r = 0,78^*$, $0,93^*$, $0,76^*$, $0,88^*$, $0,80^*$, $-0,99^*$ respectivamente).

Para o sistema pastagem (Tabelas 9 a 11 nos anexos), ao considerar a profundidade de 0 a 20 cm, verificou-se que o C_{H_2O} correlacionou com a PT ($r = -0,73^*$). O Csed teve correlação com P, Al^{3+} e H+Al ($r = -0,77^*$, $-0,96^*$, $-0,73^*$ respectivamente). Já o Nsed teve correlação direta com a MOS, NE e C/Nsed ($r = -0,77^*$, $-0,94^*$, $-0,95^*$ respectivamente). Para o C/Nsed observa-se correlação com o pH, NE e Nsed ($r = 0,76^*$, $0,81^*$, $-0,95^*$ respectivamente). Na profundidade de 20 a 40 cm, o C_{H_2O} correlacionou-se com as variáveis Al^{3+} e DS ($r = 0,79^*$, $0,68^*$ respectivamente). Para o Csed houve correlação com o Al^{3+} , H+Al, DS e CE ($r = -0,89^*$, $-0,79^*$, $-0,95^*$, $-0,75^*$ respectivamente). O Nsed correlacionou com o pH, MOS, P, PT, C/Ne e C/Nsed ($r = -0,83^*$, $-0,77^*$, $0,72^*$, $0,84^*$, $-0,78^*$, $-0,95^*$ respectivamente). E a razão C/Nsed apresentou correlação com o pH, PT e Nsed ($r = 0,92^*$, $-0,83^*$, $-0,95^*$ respectivamente).

A correlação entre as médias das profundidades, revelou que o C_{H_2O} obteve correlação positiva apenas com o Al^{3+} ($r = 0,70^*$), o Csed também correlacionou-se com o Al^{3+} e H+Al ($r = -0,92^*$, $-0,70^*$ respectivamente), o Ned já apresentou correlação com o pH, NE e C/Nsed ($r = -0,76^*$, $-0,78^*$, $-0,95^*$ respectivamente), porém, o C/Nsed apresentou correlação com o pH e Nsed ($r = 0,83^*$, $-0,95^*$ respectivamente).

Contudo, ao correlacionar o sistema mata (Tabelas 12 a 14 nos anexos), considerando as duas profundidades amostradas (0 a 20 cm e 20 a 40 cm), com os atributos químicos da água e dos sedimentos constatou-se que o C_{H_2O} se correlacionou com o C, Al^{3+} , CTC total, m e C/Ne ($r = -0,78^*$, $0,70^*$, $-0,97^*$, $0,70^*$, $-0,71^*$ respectivamente). O Csed correlacionou com o pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , CTC efetiva, V, m e NE ($r = 0,93^*$, $0,89^*$, $0,97^*$, $-0,80^*$, $0,96^*$, $0,97^*$, $0,90^*$, $-0,81^*$, $0,89^*$ respectivamente). Para o Nsed verificou-se correlação com o N e C/Nsed ($r = 0,87^*$, $-0,95^*$ respectivamente). Com relação à razão C/Nsed, foi observada uma correlação com o N, c/n e Nsed ($r = -0,78^*$, $0,73^*$, $-0,95^*$ respectivamente). Considerando a profundidade de 20 a 40 cm, nota-se que o C_{H_2O} correlacionou com os atributos: K, Al^{3+} , CTC total e m ($r = -0,72^*$, $0,94^*$, $-0,74^*$, $0,80^*$ respectivamente), o Csed apresentou correlação com o pH, c/n, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , SB, CTC efetiva, V e m ($r = 0,93^*$, $0,90^*$, $0,76^*$, $0,94^*$, $-0,72^*$, $0,91^*$, $0,85^*$, $0,94^*$, $-0,80^*$ respectivamente). Para o Nsed observa-se que o mesmo se correlacionou apenas com o C/Nsed ($r = -0,95^*$), já a razão C/Nsed teve correlação somente com o Nsed ($r = -0,95^*$).

Ao correlacionar as médias de profundidade para o mesmo sistema observa-se que a variável C_{H_2O} , correlacionou-se com o Al^{3+} , CTC total e m ($r = 0,80^*$, $-0,83^*$, $0,73^*$ respectivamente). O Csed correlacionou com o pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , SB, CTC efetiva, V e m ($r = 0,89^*$, $0,81^*$, $0,95^*$, $-0,70^*$, $-0,93^*$, $0,90^*$, $0,92^*$, $-0,76^*$ respectivamente). Já o Nsed correlacionou-se apenas com o C/Nsed ($r = -0,95^*$ respectivamente). E a razão C/Nsed teve correlação somente com o Nsed ($r = -0,95^*$).

6.5 Discussão

Os maiores valores de C_{H_2O} e C_{sed} no presente trabalho são indicativos de que as regiões podem estar sujeitas a grandes contribuições de resíduos orgânicos (antrópicos ou não), oriundos dos afluentes da bacia do Rio Paraopeba. Segundo Lima (2007), o aumento nesses teores de C, está vinculado a um maior aporte de material orgânico de origem alóctone, como por exemplo, o lançamento de esgotos domésticos, o qual acarreta mudanças, muitas vezes drásticas, nas concentrações de nutrientes na coluna d'água, caracterizando um processo de eutrofização artificial, o que resulta em mudanças nos processos físicos, químicos e biológicos, que se refletem no sedimento. O enriquecimento nos teores de C também pode estar associado à decomposição de organismos planctônicos heterotróficos, tais como bactérias e protozoários. Wetzel (1984), afirma que a presença de algas em processo de decomposição são fundamentais para o aumento no conteúdo de C em ecossistemas aquáticos.

Como os sedimentos tendem a possuir mineralogia mais oxídica (cargas positivas) e a MO mais solúvel é carregada negativamente, os sedimentos de regiões tropicais tendem a sequestrar mais carbono.

Para o N, as maiores concentrações obtidas também se apresentaram superiores às aquelas observadas na literatura. Sugere-se que pelos mesmos motivos expostos para o C. Pereira et al. (2006), ao verificar a caracterização química e aspectos geoquímicos relevantes da matéria de sedimentos em suspensão na foz do rio Amazonas, encontrou concentrações muito baixas de N, com valores máximos atingindo a cota de $0,13 \text{ g kg}^{-1}$. As concentrações mais elevadas de N podem estar associadas aos aportes de esgoto doméstico, como supracitado, pelo escoamento superficial urbano e industrial, e lixiviação para o curso do rio, os quais se incorporam às partículas organominerais presentes nos sedimentos como foi proposto Cebon & Garnier (2005).

Em relação à estabilidade da MO, expressas pelos valores da razão C/N, os maiores valores também se mostraram acima dos encontrados por Almeida et al. (2007), em seu trabalho sobre variação temporal, transporte e partição de mercúrio e carbono orgânico nas frações particulada e dissolvida da coluna d'água da bacia inferior do Rio Paraíba do Sul, RJ, onde os menores e maiores valores oscilaram em torno de 4 a 10. Infere-se que as cinzas resultantes de queimadas e resíduos de carvão industriais possam ser os agentes causadores da

elevada razão C/N. Dick et al. (2013), indicam que carvões são comuns em MO pirogênica e com razão C/N maior que 80.

Para Maglioca & Kutner (1964), valores de razão C/N acima de 10 resultam de um aumento de detritos vegetais, parcialmente destruídos, com alto grau de celulose e lignina. A variação dos valores obtidos para as razões C/N, como observada neste estudo, pode estar relacionada à pirogênese da MO, à diferenças granulométricas entre um ponto e outro, à degradação seletiva dos componentes de MO, bem como à menor taxa de preservação do N em relação ao C, sendo o uso do fogo cultural e persistente ainda hoje na região de maior razão C/N (BADER, 1955).

Para as regiões que obtiveram os menores valores de C, N e de razão C/N, tem isso explicado pela menor entrada de MO de origem alóctone e autóctone no sistema, pela oxidação da mesma e pela incorporação de produtos menos lignificados aos sedimentos, o que facilita a rápida decomposição pelos microorganismos (Canuel, 2001), e também pela vazão do Rio, a qual é influenciada pelo clima, aumentando em períodos chuvosos, fato que ocorreu durante as coletas, as quais foram realizadas durante períodos de chuva. Dessa forma, a maior vazão associada à turbulência das águas faz com que os sedimentos permaneçam suspensos por mais tempo na coluna d'água dificultando sua deposição no fundo do rio, além de facilitar sua oxidação.

Em relação ao C_{H_2O} encontrado nas amostras de água, os teores foram bem baixos em relação a outros estudos. Alberts et al. (1990) encontraram valores de C_{H_2O} para rios do Sudeste dos Estados Unidos que variaram entre 0,31 a 2,29 g L⁻¹. Valores similares também foram encontrados por Wen (1992), no estudo do Rio Changjiang na China, que situaram entre 0,34 e 2,13 g L⁻¹. Wetzel (1984), em seu estudo sobre o Lago Lawrence em Michigan, EUA, encontrou valores mínimos e máximos de C_{H_2O} em torno de 1,73 e 2,73 g L⁻¹, respectivamente. Todos os valores citados se mostraram superiores aos verificados no presente estudo. Uma explicação para os baixos valores de C_{H_2O} encontrados na Bacia se deve ao fato do baixo “input” de sedimentos orgânicos e nutrientes inorgânicos. Segundo Robarts & Ashton (1988), a importância relativa das entradas de C_{H_2O} autóctone e alóctone para os rios irá depender de vários fatores como: o uso da área, das atividades desenvolvidas no seu entorno, a extensão da bacia e do grau de trofia a qual um sistema aquático se encontra. Pode-se inferir que os ecossistemas estudados neste trabalho sequestram C nos sedimentos de forma

mais intensa, pois, estes possuem mineralogia mais intemperizada, e ainda, há fluxo nascente/desague.

Para as regiões onde não foram identificados teores de C_{H_2O} , como ocorreu em Brumadinho, pode ser devido a essa região estar sob influência constante de extração de areia, fato que faz com que a movimentação das águas no local de amostra propiciasse a migração de material orgânico para outros pontos.

A partir das análises de correlação verificou-se que o elevado valor encontrado entre o C_{H_2O} e o Al^{3+} difere daquele encontrado por Cóser (1990), ao analisar o efeito de diferentes coberturas sobre as características químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, onde o mesmo encontrou valor de correlação inferior ($r= 0,24^*$) ao verificado nesse estudo. Esse fato pode ser explicado pela complexação de Al^{3+} pela MO, a qual se incorporou ao corpo hídrico por processos de percolação. Já a correlação existente entre os C_{sed} e o Al^{3+} , tem esse fato atribuído ao pH, pois baixos valores de pH elevam os teores de Al^{3+} e da acidez do solo. Assim, verifica-se que um aumento no conteúdo de MO proporcionava um incremento nos teores de C, levando a uma redução no teor de Al^{3+} e, concomitantemente, reduzindo a saturação do mesmo e a acidez potencial. Vale ressaltar que a elevada correlação entre os teores de C_{sed} e de C_{H_2O} com o alumínio, íon metálico, permite inferir que a poluição por metais pesados pode estar presente nesses sedimentos, de modo que o impacto é ainda potencial.

Ao verificar as correlações existentes entre os atributos de cada sistema em uso com os atributos químicos da água e dos sedimentos, verificou-se que as fortes correlações observadas entre o C_{H_2O} , C_{sed} , N_{sed} e razão C/N_{sed} com o elemento P, pode ser explicada pelo fato desse elemento ser aportado tanto pela poluição orgânica, como por meio de adubação fosfatada na camada superficial do solo, uma vez que os solos na bacia em estudo se encontram alocados em regiões de intensa produção de hortaliças. O P tem alta afinidade por óxidos, e que nas condições de reação ácida ou moderadamente ácida, os óxidos de ferro e alumínio apresentam-se preferencialmente com cargas positivas, sendo assim capazes de reter em sua superfície vários tipos de ânions, predomínios de íons fosfatos. Além disso, vários são os atributos do solo que podem influenciar a adsorção de fósforo, sendo os principais: o tipo e teor de argila, de colóides amorfos e de matéria orgânica (NOVAIS & SMYTH, 1999). Dessa forma processos de erosão podem ter contribuído para o incremento do mesmo na água a partir do carreamento de sedimentos ricos nesse elemento para a região marginal do rio.

Já a correlação existente entre os atributos da água e sedimentos citados acima com o Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ do solo pode ser atribuído à reciclagem desses nutrientes presentes na fitomassa, os quais foram depositados na superfície do solo e pela adsorção dos mesmos aos colóides e também a aplicação contínua de fertilizantes em áreas adjacentes ao rio, o que pode ter contribuído para o incremento de K^+ . Hernani et al. (1999), ao estudar as perdas de matéria orgânica e de nutrientes por erosão encontrou valores de correlação entre o C e o Ca^{2+} inferiores aos verificados nesse estudo ($r = 0,74^*$), para o Mg^{2+} , também foi observado valores de correlação inferiores aos do presente trabalho ($r = 0,64^*$), para o K^+ o mesmo autor não encontrou correlação significativa.

As correlações observadas entre o $\text{C}_{\text{H}_2\text{O}}$, C_{sed} , N_{sed} e razão $\text{C}/\text{N}_{\text{sed}}$ com a CTC efetiva e total é explicada pelo fato de a CTC ser um fator de proteção da MO, resultante da dissociação de grupos funcionais, principalmente carboxílicos, sendo portanto, pH-dependente (ALBUQUERQUE, 2003). Dessa forma, os elevados valores de CTC são também importantes para aumentar os teores de C e vice-versa, ou seja, maior teor de MO, maior CTC. Isso pôde ser comprovado a partir dessa análise de correlação, onde um aumento no teor de $\text{C}_{\text{H}_2\text{O}}$ e do C_{sed} elevava os valores de CTC, mostrando, portanto, uma correlação direta.

Verificou-se, também, uma redução da DS com o aumento do teor C, observado pela correlação existente entre os atributos químicos da água e dos sedimentos com esse atributo físico do solo. Diversos trabalhos na literatura mostram os efeitos benéficos promovidos pelo aumento nos teores de C nas propriedades físicas do solo (CANELLAS et al., 1999; ARAGÓN et al., 2000). Aumentos nos teores de C também promovem aumento da PT, como foi verificado na correlação positiva existente entre o $\text{C}_{\text{H}_2\text{O}}$, C_{sed} , N_{sed} e $\text{C}/\text{N}_{\text{sed}}$ com tal atributo, dessa forma fica claro que qualquer aumento desses atributos reflete diretamente na PT. A porosidade melhora os fluxos de gases e de solução no sistema, sendo o aumento desta promovido pela MO analogamente as de mata (biomas equilibrados), admite-se que sejam próximas às ideias na coevolução ecológica.

A correlação positiva constatada entre o C_{sed} com V e SB, mostra que à medida que o C_{sed} aumenta, ocorre concomitantemente aumento de V e SB. Vale ressaltar que altos valores de V, significa que grandes quantidades de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , atuam saturando as cargas negativas dos colóides indicando que a maioria delas não está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} , ou seja, nesse caso o sedimento provavelmente será alcalino, fato comprovado pela correlação estreita entre o C_{sed} com Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ como supracitado acima, redução

do teor de Al^{3+} com o aumento do C e altos valores de V e SB verificados na presente análise de correlação.

O lançamento constante de alguns elementos químicos como P e Al^{3+} nos corpos hídricos, seja por meio de esgotos domésticos ou aplicação maciça de fertilizantes em regiões agrícolas, leva a geração de problemas ambientais muitas vezes irreversíveis, como processos de eutrofização e acidificação da água. Isso tem efeitos diretos em todo ecossistema aquático, pois leva a mudanças na cadeia alimentar, gerando cadeias difusas e mudanças na composição de espécies, gerando, portanto altas perdas de biodiversidade. O Rio Paraopeba enfrenta essas adversidades e isso torna cada vez mais imediato planos de manejo que melhor se adequem a essas necessidades, como a implementação de políticas públicas que envolvam medidas de saneamento básico e educação ambiental no intuito de preservar esse bem comum evitando seu colapso.

Finalmente, com a implantação de práticas conservacionistas, entre elas a ILPF, atributos químicos, físicos e biológicos do solo serão favorecidos e convergirão para maior qualidade ambiental e uso sustentável dos ecossistemas naturais e agrários da bacia do Rio Paraopeba.

6.6 Conclusões

Os teores de C, N e razão C/N se mostraram indicadores sensíveis às perturbações ocorridas no ecossistema aquático, em virtude das mudanças no uso dos solos na bacia, tendo reflexo direto na incorporação de MO na água e nos sedimentos.

Os maiores teores de C foram verificados na região de Fortuna de Minas (baixo Paraopeba), a qual apresentou um teor de C 22,5% maior que as outras regiões avaliadas. Os menores teores foram verificados na região de Florestal (médio Paraopeba).

Para o N, a região de Florestal (médio Paraopeba) apresentou o maior valor, sendo os teores nessa região 28% maiores em relação às demais. Os menores teores foram observados na região de Jeceaba (alto Paraopeba).

Quanto à razão C/N a região que apresentou maior valor foi a de Brumadinho (médio Paraopeba) a qual apresentou uma relação C/N 47% maior em relação às demais regiões, e em contrapartida a menor razão foi verificada na região de Florestal (médio Paraopeba).

Com relação aos teores de C nas águas, verificou-se que a região de Três Marias, apresentou um teor de C 9% maior que as demais áreas em estudo.

A partir da análise de correlação foi possível verificar que o C_{H_2O} , C_{sed} , N_{sed} e C/N_{sed} correlacionaram-se com a maioria das variáveis físicas e químicas do solo, mostrando correlação direta com o pH, Al^{3+} , K, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al, SB, CTC total e efetiva, V, m, DS e PT, deixando claro que alterações no uso e manejo do solo tem influência direta no aporte de material orgânico no corpo hídrico, incidindo diretamente nos teores de C, N e razão C/N.

7 REFERÊNCIAS

- ABER, J.D.; NADELHOFFER, K.J.; STEUDLER, P.; MELLILO, J.M. **Nitrogen saturation in northern forest ecosystems: hypotheses revisited.** *BioScience*, Washington, v.48, n. 11, p. 921-934, 1995.
- ALBERTS, J.J., ERTEL, J.R. **Characterization of organic matter in rivers of the Southeastern United States.** *Verh. Internat. Verein.Limnol.*, v.24, p.260-262, 1990.
- ALBUQUERQUE, Jackson Adriano et al. **Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 5, p. 799-806, 2003.
- ALMEIDA, M.G.; REZENDE, C.E.; SOUZA, C.M.M. **Variação temporal, transporte e partição de hg e carbono orgânico nas frações particulada e dissolvida da coluna d'água da Bacia inferior do Rio Paraíba do Sul, RJ, BRASIL.** *Geochimica Brasiliensis*, v.21, n.1, p.111 - 128, 2007.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; Eltz, F.L.F.; BRUM, A.C.R. **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, T.H; DOMSCH, K. H. **Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils.** *Soil biology and biochemistry*, v. 21, n. 4, p. 471-479, 1989.
- ARAGÓN, A.; GARCÍA, M.G.; FILGUEIRA, R.R. & PACHEPSKY, Y.A.A. **Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test; the relationship with organic carbon and water content.** *Soil Till. Res.*, 56:197-204, 2000.
- BADER R.G. **Carbon and nitrogen relations in surface and subsurface marine sediments.** *Geochimica Acta*, v.7, n.5/7, p.205-211, 1955.
- BALDOTTO, M. A.; CANELA, M. C.; CANELLAS, L. P.; DOBBSS, L. B.; VELLOSO, A. C. X. **Redox index of soil carbon stability.** *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 34: 1543-1551, 2010.
- BALESDENT, J. **Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage.** *Soil and tillage Research*, Amsterdam, v.53, p.215-230, 2000.
- BALDOTTO, M.A. **Propriedades redox e grupos funcionais de ácidos húmicos.** Rio de Janeiro. UENF, Tese de Doutorado, p.101, 2006.
- BARBOSA, E.C.; SOUZA, R.M. **Impactos ambientais de atividades agrícolas.** Ministério do Meio Ambiente. DGE/Planejamento Geoambiental, 2011.
- BARRETO, A. C.; FREIRE, M. B. G. D. S.; NACIF, P. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J.; INÁCIO, E. D. S. B. **Chemical and physical fractions of soil organic carbon in a forest soil currently under different uses.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(4), 1471-1478, 2008.

BATJES, N.H.; DIJKSHOORN, J.A. **Carbon and nitrogen stocks in the soils of the Amazon Region**. Geoderma, Amsterdam, v.89, n. ¾, p. 273-286, 1999.

BATJES, N. H. **Total carbon and nitrogen in the soils of the world**. European Journal of Soil Science, v. 47, n. 2, p. 151-163, 1996.

BAYER, C.; BERTOL, I. **Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.

BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. **Brazil's soil carbono stocks**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.66, n.3, p. 888-896, 2002.

BORMANN, F.H.; LIKENS, G.E. **Nutrient cycling**. Science, Washington, v. 155, n. 3761, p. 424, 1967.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. 4. ed. Brasília: ANA, 2012. 215 p.

BARSIL. **Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário de Minas Gerais (Arsae-MG)**. Disponível em: <http://www.arsae.mg.gov.br>. Acesso: 16 de abril, 2015.

BRIGANTE, J. et al. **Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu. Limnologia Fluvial—um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos, RIMA, p. 55-76. 2003.

BUSTAMANTE, M.M.C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E. & ROSCOE, R. **Soil carbon and sequestration potential in the Cerrado Region of Brazil**. In: LAL, R.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J. & CERRI, C.E.P. **Carbon sequestration in soils of Latin America**. New York, Haworth, 2006. p.285-304.

CALONEGO, J. C.; DOS SANTOS, C. H.; TIRITAN, C. S. **Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo**. Revista Caatinga, 25(2), 128-135, 2012.

CAMARGO, F.A.C.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & VIDOR, C. **Nitrogênio orgânico do solo**. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre, Genesis, p.117-137, 1999.

CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, 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, J.L.; HORNBECK, J.W.; MITCHELL, M.J. **Input-output budgets, of inorganic nitrogen for 24 forest watersheds in the northeastern United States: a review**. Water Air and soil Pollution, Dordrecht, v.151, n.1-4, p. 373-396, 2004.

CAMPBELL, J.L.; HORNBECK, J.W.; McDOWELL, W.H.; BUSO, B.C.; SHANLEY, J.B.; LIKENS, G.E. **Dissolved organic nitrogen budgets for upland, forested ecosystems in New England**. Biogeochemistry. Dordrecht, v.49, n. 2, p. 123-142, 2000.

CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G.; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. **Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no Estado do Rio de Janeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, p.133-143, 2000.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A. & AMARAL, N.B.M. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. 508p.

CANUEL, E.A. **Relations between river flow, primary production and fatty acid composition of particulate organic matter in San Francisco and Chesapeake Bays: a multivariate approach**. Organic Geochemistry, v. 32, p. 563-583. 2001.

CARDOSO, E.L. **Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.45, n.9, p.1028-1035, 2010.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. D.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. D. **Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33(1), 147-157, 2009.

CARNEIRO, P.H.M.; PEREIRA, S.S.C. **Estoques de carbono no solo em diferentes formas de manejo e estações do ano no entorno da antiga hidroelétrica de Florestal-MG**. Relatório final apresentado a Universidade Federal de Viçosa-Campus Florestal, como parte das exigências do PROBIC/FAPEMIG, 2014.

CARVALHO, A.M. **Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de uréia sob plantio convencional e direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 4, p. 679-685, 2006.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E.P.; **Potencial de seqüestro de carbono em diferentes biomas do Brasil-Revisão de Literatura**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 34:277-289, 2010.

CASTRO, E.A. de. **Biomass, nutrient pools and response to fire in the Brazilian Cerrado**. 118p. Dissertação (Mestrado) - Oregon State University, Oregon, USA, 1996.

CASTRO, M.S. **Symptoms of nitrogen saturation in an aggrading forested watershed in western Maryland**. Biogeochemistry, v. 84, n. 3, p. 333-348, 2007.

CEBRON, A.; GARNIER, J. **Nitrobacter and Nitrospira genera as representatives of nitrite-oxidizing bacteria: detection, quantification and growth along the lower Seine River (France)**, Water Research, v. 39, n.20, p.4979-4992, 2005.

CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B. & RONDÓN, M.A. **Potential of soil carbon sequestration in the Amazonian Tropical Rainforest.** 2006b. p.245-266.

CHAER, G.M.; TÓTOLA, M.R. **Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1381-1396, 2007.

CIBAPAR – Consórcio Intermunicipal da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba. **Estudos preliminares para implementação do Plano Diretor das águas da bacia do rio Paraopeba.** Betim, 2010. 346p.

CIESLA, W.M.; MBUGUA, D.K. & WARD, J.D. **Ensuring forest health and productivity: A perspective from Kenya.** J. For., 93:36-39, 1995.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. **Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto.** Ciência Rural, 33(6), 1161-1164, 2003.

CNRH (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. **Divisão das regiões hidrográficas do Brasil.** Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.cnrh.gov.br/>>. Acesso em: 16 maio 2015.

CÓNSUL, J.D. **Decomposição catalítica de óxidos de nitrogênio.** Química Nova, v.27, n.3, p. 432-440, 2004.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. **Estoques de carbono no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no Sul do Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.32, n.1, p.323-332, 2008.

COSTA, J. B. **Caracterização e Constituição do Solo.** 7ª ed. Lisboa, Ed. Fundação Calouste, 2004.

CÓSER, A. C. **Efeito de diferentes coberturas vegetais sobre as características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo álico.** Revista Ceres, v.37, n.210, p.167-176, 1990.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. **Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, 23:425-432, 1999.

COTNER, J.B & BIDDANDA, B.A. **Small players, large role: Microbial influence on biogeochemical processes in pelagic aquatic ecosystems.** Ecosystems, 5:105-121, 2002.

CPRM – **COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS** Superintendência Regional de Belo Horizonte. Regionalização de vazões sub-bacias 40 e 41, Convênio 015/2000 ANEEL – 013/CPRM/2000 Relatório Final. Belo Horizonte, 2001.

CUNHA, G.M. **Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da mata atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, p. 1175-1185, 2009.

CURI, N. & MARQUES, J.J.G.S.M. **Levantamento semidetalhado de solos e estabelecimento de unidades de manejo em áreas da CMPC Celulose Riograndense Ltda.** Guaíba, p.150, 2008.

D'ANDRÉA, A.F. **Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

DENMAN, K.L. **Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry.** Climate change, v. 2007, p. 541-584, 2007.

DICK, D. P.; ROCCHI, E.A.; LEITE, A.J.B.; CABRAL, N.C.B. **Ácidos húmicos de materiais carbonosos: extração e composição.** Gramado: IV Congresso Brasileiro de Carvão Mineral. 2013.

DILLON, P. J.; MOLOT, L.A. **Dissolved organic and inorganic carbon mass balances in central Ontario lakes.** Biogeochemistry, v. 36, n. 1, p. 29-42, 1997.

DODDS, W.K.; EVANS-WITH, M.A.; GERLANC, N.M. **Quantification of nitrogen cycle in Prairie streams.** Ecosystems. New York, v.3, n. 6, p. 574-589, 2000.

DOWNING, J. A. **The impact of accelerating land-use change on the N-cycle of tropical aquatic ecosystems: current conditions and projected changes.** Biogeochemistry, v. 46, n. 1-3, p. 109-148, 1999.

DUIKER, S. W.; LAL, R. **Carbon budget study using CO₂ flux measurements from a no till system in central Ohio.** Soil and Tillage Research, v. 54, n. 1, p. 21-30, 2000.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Liminologia.** 2ºed. Editora Interciência, 1998.

FARIA, G.E.; BARROS, F.N.; Novais, R.F., SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L., **Carbono Orgânico Total da Matéria Orgânica do Solo em Diferentes Distâncias do Tronco de Eucalipto.** Sci. For. Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 265-277, dez. 2008.

FARRINGTON, J. **Overview and key recommendations-marine organic geochemistry workshop.** Marine Chemistry, v.39, p.5-9, 1992.

FAVARETO, N. **Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.2, p.289-297, 2000.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. **Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil.** Bras. Ci. Solo, v. 23, p. 507-514, 1999.

FERNANDES, E.B. **Emissões de CO₂, N₂O e N₂O em solos sob diferentes cultivos na região do Cerrado**. 2008. 138 p. Tese (Doutorado em Ecologia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

FILHO, M. T. N.; BRAGA, A. C. R.; Curi, R. C. **A dimensão da disponibilidade hídrica: uma análise entre a conjuntura brasileira e o relatório de desenvolvimento mundial da água**. AMBIÊNCIA, 10(1), 111-124.

FOLLETT, R. F. **Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils**. Soil and Tillage Research, v. 61, n. 1, p. 77-92, 2001.

FONSECA, S.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEAL, G.L.; LOURES, E.G.& MOUR FILHO, V. **Alterações em Latossolo sob eucalipto, mata natural e pastagem: II propriedades orgânicas e microbiológicas**. Revista Árvore, v.17, p.289-302, 1993.

FRAZÃO, L.A. **Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.5, p.641-648, 2008.

FREDERIKSEN, H. D. **Water crisis in developing world: misconceptions about solutions**. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 122, n. 2, p. 79-87, 1996.

FREIXO, A.A. **Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo**. Revista Brasileira de ciência do solo. v. 26, p.425-434, 2002.

FUJISAKA, S. **The effects of forest conversion on annual crops and pastures: Estimates of carbon emissions and plant species loss in Brazilian Amazon colony**. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v. 69, p. 17-26, 1998.

GARAY, I. **Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de Acacia mangium e Eucalyptus grandis**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n. 4, p. 705-712, 2003.

GOMES, J.; BAYER, C.; COSTA, F.S.; PICCOLO, M.C. **Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based under subtropical climate**. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.106, n.1, p. 36-44, 2009.

HAKANSON, L.; JANSSON, M. **Principles of lake sedimentology**. Springer-Verlag, Berlin. 316 p, 1983.

HANJRA, M. A.; QURESHI, M. E. **Global water crisis and future food security in an era of climate change**. Food Policy, v. 35, n. 5, p. 365-377, 2010.

HAYNES, R. J. **Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand**. Soil Biology and Biochemical, Oxford, v. 32, n. 2, p. 211-219, 2000.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, WM da. **Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.

HINTON, M.J.; SCHIFF, S.L.; ENGLISH, M.C. **Sources and flowpaths of dissolved organic carbon during storms in two forested watersheds of the Precambrian shield**. Biogeochemistry, Dordrecht, v.41, n. 2, p. 175-197, 1998.

HOLTZ, G.P. **Dinâmica da decomposição da palhada e a distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí/PR**. Curitiba, UFPR, p. 129, (Dissertação de Mestrado), 1995.

HOPE, D.; BILLETT, M.F.; CRESSER, M.S. **A review of the export of carbon in river water –fluxes and processes**. Environmental Pollution, London, v.84, n.3, p. 301-324, 1994.

HOWARTH, R.W. **Regional nitrogen budgets and riverine N & P fluxes for the drainages to the North Atlantic Ocean: Natural and human influences**. Biogeochemistry. Dordrecht, v.35, n. 1, p. 75-139, 1996.

HUNSAKER, C. T.; LEVINE, D.A. **Hierarchical approaches to the study of water quality in rivers**. BioScience, p. 193-203, 1995.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br> .Acesso em: abril, 2015>.

IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change**; Climate Change 2001: Synthesis Report - A contribution of working groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press: Cambridge, 2001.

JANTALAIA, C.P. **Mudanças no estoque de C do solo em áreas de produção de grãos: avaliação do impacto do manejo do solo**. In: ALVES, B.J.R. et al. (Ed). Manejo de sistemas agrícolas: Impactos no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Gênese, 2006. p. 35-57.

JOBÁGY, E.G. & JACKSON, R.B. **The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation**. Ecol. Applic., 10:423-436, 2000.

JURY, W. A.; VAUX, H. J. **The emerging global water crisis: managing scarcity and conflict between water users**. Advances in Agronomy, v. 95, p. 1-76, 2007.

KERN, J. S.; JOHNSON, M. G. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. Soil Science Society of America Journal, v. 57, n. 1, p. 200-210, 1993.

KHUSH, G. S. Green revolution: the way forward. **Nature Reviews Genetics**, v. 2, n. 10, p. 815-822, 2001.

LAL, R. **Soil carbono dynamics in cropland and rangeland.** Environmental Pollution, Massachusetts, v.116, p. 353-362, 2002.

LAL, R.; KIMBLE, J.M. **Conservation tillage for carbon sequestration.** Nutrition Cycling in Agrosystems, Amsterdam, v.49, p.243-253, 1997.

LAL, R. **Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security.** Science, 304:1623-1627, 2004

LA SCALA, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G. T. **Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil.** Soil and Tillage Research, v. 91, n. 1, p. 244-248, 2006.

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

LEWIS JR, W.M. **Nitrogen yields from undisturbed watersheds in the Americas.** Biogeochemistry, v. 46, n. 1-3, p. 149-162, 1999.

LIMA, M.M.R.B.F. **Diagnostico e evolução de algumas espécies químicas e matéria orgânica em perfil sedimentar holecênico no estuário do Rio Manguaba, Estado de Alagoas. Recife.** UFPE, Dissertação de Mestrado, p.66, 2007.

LUCHESI, E. B.; FAVERO, L. O. B. ; LENZI, E. **Fundamentos da Química do Solo Teoria e Prática.** 2ª ed. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 2002.

MACHADO, P.L.O.A., **carbono do solo e a mitigação da mudança climática global.** Quim. Nova, Vol. 28, No. 2, 329-334, 2005.

MADIGAN, M.T.**Microbiologia de Brock.** Artmed, 2004.

MAGLIOCCA, A.; KUTNER, A.S. **Conteúdo orgânico do sedimento de fundo da região de Cananéia.** Publ. Esp. n.195 do IQUSP.

MAYERS, P.A.; EADIE, , B.J. **Sources, degradation and recycling of organic matter associated with sinking particles in Lake Michigan.** Organic Geochemistry, v.20, n.1, p.47-56, 1993.

MAYERS, P.A.; LALLIER-VERGES, E.L. **Lacustrine sedimentary organic matter records of late Quaternary paleoclimates.** Journal of Paleolimnology, v.21, n.3, p. 345-372, 1999.

MEIXNER, F. X.; WERNER, E. **Effects of landscape pattern and topography on emissions and transport. Integrating hydrology, ecosystem, dynamics, and biogeochemistry in complex landscapes.** New York: Wiley, p. 147-175, 1999.

MELLO, F. A. F. ; SOBRINHO, M. O. C. B. ; ARZOLLA, S. ; SILVEIRA, R. I. ; NETTO, A. C. ; KIELH, J. C. **Fertilidade do Solo.** NOBEL, São Paulo, 1983.

MENDHAM, D. S. **Soil particulate organic matter effects on nitrogen availability after afforestation with Eucalyptus globules**. Soil Biology and Biochemical, Oxford, v. 36, n. 1, p. 1067-1074, 2004.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse**. Eds. George Tchobanoglou, and Franklin L. Burton. McGraw-Hill, 1991.

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, p. 1-8, 1999.

MEYER, J.L.; TATE, C.M. **The effects of watershed disturbance on dissolved organic carbon dynamics of a stream**. Ecology, Brooklyn, v.64, n. 1, p. 33-44, 1983.

MIRANDA, E.J. **Efeito temporal da cultura de soja nos atributos físico-químicos do solo no estado do Mato Grosso**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MOORE, T.R. **Dissolved organic carbon: sources, sink, and fluxes and role in the soil carbon cycle**. Soil processes and the carbon cycle. Boca Raton: CRC Press. 1997, p. 281-292.

MOORE, T.R. **Dynamics dissolved organic carbon in forested and disturbed catchments, westland, New Zeland**. 1. Miami. Water Resources Research, Washington, v.25, n.6, p.1321-1330, 1989.

MORAES, J.F.L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. **Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil**. Geoderma, Amsterdam, v.70, n.1, p. 63-81, 1996.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2. Ed. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

MOROZOVA, G.S.; SMITH, N.D. **Organic matter deposition in the Saskatchewan River floodplain (Cumberland Marshes, Canadá): effects of progradational avulsions**. Sedimentary Geology, v.157, p. 15-29, 2003.

MULLER, M.M.L.; GIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MITJA, D. 2004. **The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian Amazon: a case study**. Agriculture Ecosystems & Environment, 103: 279-288.

NEILL, C.; DAVIDSON, E.A. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M. (Ed). **Global climate change and tropical ecosystems**. New York, CRC Press, 2000, p. 197-211.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. **Organic matter accretion, decomposition and mineralisation**. In: NAMBIAR, E. K. S., BROWN, A. G. (Ed.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests**. Canberra: ACIAR Australia/CSIRO, p. 443-480. (Monograph; n. 43), 1997.

OLIVEIRA, J. T.; SANTOS, A. M. S.; MOREAU, A. M.; MENEZES, A. A.; COSTA, O. V. **Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: n. spe. 2008.

OLSON, J. S. **Atmospheric Carbon Dioxide and the Global Carbon Cycle**. In: Trabalka, J. R. (ed). Washington: U.S. Department of Energy, p.175-213, 1985.

PANHOTA, R. S.; BIANCHINI JR., I. **Potential cycling of organic matter in an eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP - Brazil)**. Acta Limnologica Brasiliensia, v.15, n.2, p. 1-11, 2003

PEGORARO, R. F. **Seqüestro de carbono e alterações bioquímicas da matéria orgânica de solos cultivados com eucalipto**. 140 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

PEREIRA, S.B.; LIMA, W.N.; ROBRINI, M.E. **Caracterização química e aspectos geoquímicos relevantes da matéria orgânica de sedimentos em suspensão na foz do rio Amazonas**. Ciências Naturais, v.1, n.1, p. 167-179, 2006.

PORCAL, P. **Seasonal and photochemical changes of DOM in an acidified forest lake and its tributaries**. Aquatic Sciences, v.66, p.211-222, 2004.

POST, W.M.; KNOW, K.C. **Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential**. Global Change Biology, Oxford, v.6, n.3, p.317-327, 2000.

PULRONIK, K.; BARROS, N.F. de; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. **Estoque de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha-MG**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.1125-1136, 2009.

RAICH, J. W.; SCHLESINGER, W. H. **The global carbon-dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate**. Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology, v. 44, n. 2, p. 81-99, 2003.

RAIJ, B. V. **Avaliação da Fertilidade do Solo**. 2 ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. **Carbon and nitrogen storage and organic fractions in Latosol submitted to different use and management systems**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, vol.31, n.6, p. 1609-1623.2007.

RANGEL-VASCONCELOS, L.G.T. et al. **Matéria orgânica leve do solo em sistema agroflorestal de corte e trituração sob manejo de capoeira**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.47, n.8, p.1142-1149, 2012.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F. **Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas**. Série Técnica IPEF, v.11, p.9-22, 1997.

RIBAS, L. M.; BALDOTTO, M. A.; CANELLAS, L. P.; REZENDE, C. E. **Qualidade e mobilidade da matéria orgânica de sistemas adjacentes à Lagoa de Cima, Campos dos Goytacazes**. Geochimica Brasiliensis, 22: 103-112, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES. P.T.G.; ALVAREZ. H.A. **Calagem. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, p. 169-341, 1999.

ROBARTS, R.D.; ASHTON, P.J. **Dissolved organic carbon and microbial activity in a hypertrophic African reservoir**. Arch. Hydrobiologia, v.113, n.4, p.519-539, 1988.

ROBERTSON, G.P.; GRACE P.R. **Greenhouse gas fluxes in tropical and temperate agriculture: the need for a full-cost accounting of global warming potentials**. Tropical Agriculture in Transition—Opportunities for Mitigating Greenhouse Gas Emissions?. Springer Netherlands, 2004. p.51-63.

RODRIGUES, B.N. **Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone**. Planta Daninha, v. 11, n. 1, p. 21-28, 1993.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. **Tillage effects soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol**. Soil and tillage research, Amsterdam, v. 70, p. 107-119, 2003.

ROSSATO, O. B.; STURMER, S.L.K.; COPETTI, A.C.C. **Recuperação de carbono orgânico em um Chernossolo de uma Bacia Hidrográfica de Cabeceira**. In:XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: Conquistas e Desafios da Ciência do Solo Brasileira, Gramado-RS. Anais....Gramado, p. 38-43, 2007.

RYAN, P.J.; MCGARITY, J.W. The nature and spatial variability of soil properties adjacent to large forest eucalypts. Soil Science Society American Journal, Madison, v.47, p.286-293, 1983.

SHIMEL, D.S. **Terrestrial ecosystems and the carbon-cycle**. Global Change Biology, Oxford, v.1, n.1, p. 77-91, 1995.

SAITO, Y.; NISHIMURA, A.; MATSUMOTO, E. **Transgressive sand sheet covering the shelf and upper slope off Sendai, Northeast Japan**. Marine Geology, v. 89, n. 3, p. 245-258, 1989.

SAUERBECK, D. R. **CO₂ emissions and C sequestration by agriculture—perspectives and limitations**. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v. 60, n. 1-3, p. 253-266, 2001.

SHEVTSOVA, L.; ROMANENKOV, V.; SIROTENKO, O.; SMITH, P.; SMITH, J. U.; LEECH, P.; KANZYVAA, S.; RODIONOVA, V. **Effect of natural and agricultural factors on long-term soil organic matter dynamics in arable soddy-podzolic soils - modeling and observation.** Geoderma, v. 116, n. 1-2, p. 165-189, 2003.

SILVA, C.A. **Mineralização de nitrogênio e enxofre e caracterização de substâncias húmicas em solos brasileiros por ¹³C-RMN e cromatografia por exclusão de tamanho.** 82 f. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

SILVA, J. **Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in Cerrado region, Brazil.** Agriculture, Ecosystem and Environment, Amsterdam, v.103, p. 357-363, 2004.

SILVA, C.A. & MACHADO, P.L.O.A. **Seqüestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais.** Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 23p.

SILVA, E. A. **Frações de carbono em topossequências de solos sob eucalipto com diferentes históricos de uso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.36, p. 1167-1178, 2012.

SILVA, J. **Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in Cerrado region, Brazil.** Agriculture, Ecosystem and Environment, Amsterdam, v. 103, p. 357-363, 2004.

SIQUEIRA, F.M.S.; CARES, J.E.; ZANETTI, R.; STUMER, S.L.O **Ecossistema Solo.** Lavras: UFLA. 352p. 2013.

SOLOS, Embrapa. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

SOUSA, A.C. **Estoques de carbono, suas estabilidades e bioatividades em sistemas com integração lavoura, pecuária e floresta.** Relatório final apresentado a Universidade Federal de Viçosa-Campus Florestal, como parte das exigências do PROBIC/FAPEMIG.

SOUSA, D.O.; VIEIRA, E.M **Estoques de carbono e fertilidade do solo sob diferentes práticas de manejo: florestal, agrícola e pastoril.** Relatório final apresentado a Universidade Federal de Viçosa-Campus Florestal, como parte das exigências do PROBIC/FAPEMIG, 2011.

SPOSITO, G.; **The chemistry of soils**, 2th ed., Oxford University Press: New York, 2008.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics.** New York: McGraw (1960).

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry: Genesis, Composition, reactions.** 2. ed. New York: Willey, 1994. 496p.

STUMM, W.; MORGAN, J. J.; **Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters**, 3th ed., Wiley: New York, 1996.

- SWANK, W. T. et al. **Forest hydrology and ecology at Coweeta**. Springer-Verlag, 1988.
- TORRES, I. C.; MARCOS A.R; RICARDO. M. **Variação temporal de carbono pigmentado, carbono orgânico dissolvido e particulado na Represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG**. Rev. Brasil. Biol, v. 58, n. 1, p. 131-14, 1998.
- THURMAN, E.M. **Organic geochemistry of natural waters**. Nijhof/Junk, Boston, 1985.
- TRANNIN, I. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. **Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31(5), 1173-1184, 2007.
- TRUMBORE, S. **Carbon respired by terrestrial ecosystems - recent progress and challenges**. Global Change Biology, v. 12, n. 2, p. 141-153, 2006.
- TYSON, R.V. **Sedimentary Organic Matter**. London, Chapman & Hall, 589 p. 1995.
- VASCONCELOS, R. F. B. et al. **Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 309-316, 2010.
- VITOUSEK, P.M. et al. **Nitrate losses from disturbed ecosystems**. Science, v. 204, n. 4392, p. 469-474, 1979.
- VITOUSEK, P.M.; ABER, J.D.; HOWARTH, R.W.; LIKENS, G.E.; MATSON, P.A.; SHINDLER, D.W.; SCHLESINGER, W.H.; TILMAN, D.G. **Human alteration of global nitrogen cycle: sources and consequences**. Ecological Application, Washington, v.5, n.3, p. 737-750, 1997.
- VITOUSEK, P.M. et al. **Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen-phosphorus interactions**. Ecological applications, v. 20, n. 1, p. 5-15, 2010.
- WEN, Y.H. **Seston in a seasonally flooded lake of the central changjiang River (China)**. Hydrobiologia, v.242, p. 95-104, 1992.
- WETZEL, R.G. **Detrital dissolved and particulate organic carbon functions in aquatic ecosystem**. Bull. Of Mar. Scie., v.35, n.3, p. 503-509, 1984.
- WETZEL, R.G. et al. **Natural photolysis by ultraviolet irradiance of recalcitrant dissolved organic matter to simple substrates for rapid bacterial metabolism**. Limnology and Oceanography, v.40, p.1369-1380, 1995.
- WETZEL, R.G. **Gradient-dominated ecosystems-sources and regulatory functions of dissolved organic-matter in fresh-water ecosystems**. Hydrobiologia, v. 229, p.181-198, 1992.

WHIETHÖLTER, S. **Nitrogênio no solo sob plantio direto**. R.Plantio Direto, v.58, p.38-42, 2000.

ZINN, Y.L.; LAL, R. & RESCK, D.V.S. **Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil**. Soil Till. Res., 84:28-40, 2005.

ANEXOS

TABELA 1- Análises químicas dos solos da região de Jeceaba⁽¹⁾.

Amostra Manejo	Camada --cm--	MOS -dag kg ⁻¹ -	pH	N --g kg ⁻¹ --	P --mg dm ⁻³ --	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
-----cmol _c dm ⁻³ ----- -----%-----															
CAPOEIRA	0 a 20	1,86	4,36	2,81	3,3	78,7	1,65	1,61	0,88	7,55	3,47	4,35	11,02	31,49	20,21
CAPOEIRA	20 a 40	1,68	5,3	1,7	2,84	78,7	2,81	2,15	0,15	4,65	5,16	5,31	9,81	52,61	2,85
MATA	0 a 20	4,02	6,01	0,59	2,59	40,4	1,47	0,22	0,70	4,20	1,80	2,49	6	29,96	27,95
MATA	20 a 40	1,82	7,23	1,25	1,04	21,3	1,14	0,09	0,70	3,45	1,29	1,99	4,74	27,19	35,1
PASTAGEM	0 a 20	3,22	4,14	1,22	1,48	37,3	0,88	0,97	1,00	6,95	1,95	2,95	8,9	21,88	33,94
PASTAGEM	20 a 40	1,78	4,02	1,04	0,67	11,8	0,63	0,45	0,97	4,50	1,11	2,08	5,61	19,74	46,71

⁽¹⁾ Características químicas: MOS = matéria orgânica do solo = teor de carbono pelo método Walkey & Black x fator 1,724; pH = relação solo: água na relação 1:2,5; P e K = extrator Mehlich⁻¹; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = extrator KCl 1mol L⁻¹; H+Al = acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺; t = SB+Al³⁺; T = SB+(H+Al); V = (SB/T)x100; m = (Al³⁺/t)x100.

TABELA 2- Análises químicas dos solos da região de Brumadinho⁽¹⁾.

Amostra Manejo	Camada --cm--	MOS -dag kg ⁻¹ -	pH	N --g kg ⁻¹ --	P --mg dm ⁻³ --	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
-----cmol _c dm ⁻³ ----- -----%-----															
CAPOEIRA	0 a 20	1,86	4,36	2,81	3,3	78,7	1,65	1,61	0,88	7,55	3,47	4,35	11,02	31,49	20,21
CAPOEIRA	20 a 40	1,68	5,3	1,7	2,84	78,7	2,81	2,15	0,15	4,65	5,16	5,31	9,81	52,61	2,85
MATA	0 a 20	4,02	6,01	0,59	2,59	40,4	1,47	0,22	0,70	4,20	1,80	2,49	6	29,96	27,95
MATA	20 a 40	1,82	7,23	1,25	1,04	21,3	1,14	0,09	0,70	3,45	1,29	1,99	4,74	27,19	35,1
PASTAGEM	0 a 20	3,22	4,14	1,22	1,48	37,3	0,88	0,97	1,00	6,95	1,95	2,95	8,9	21,88	33,94
PASTAGEM	20 a 40	1,78	4,02	1,04	0,67	11,8	0,63	0,45	0,97	4,50	1,11	2,08	5,61	19,74	46,71

⁽¹⁾ Características químicas: MOS = matéria orgânica do solo = teor de carbono pelo método Walkey & Black x fator 1,724; pH = relação solo: água na relação 1:2,5; P e K = extrator Mehlich⁻¹; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = extrator KCl 1mol L⁻¹; H+Al = acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺; t = SB+Al³⁺; T = SB+(H+Al); V = (SB/T)x100; m = (Al³⁺/t)x100.

TABELA 3- Análises químicas dos solos da região de Fortuna de Minas ⁽¹⁾.

Amostra Manejo	Camada --cm--	MOS -dag kg ⁻¹ -	pH	N --g kg ⁻¹ --	P --mg dm ⁻³ --	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
-----cmol _c dm ⁻³ ----- -----%-----															
CAPOEIRA	0 a 20	5,79	5,8	0,31	34,84	31,7	4,96	2,29	0,10	2,21	7,33	7,43	9,54	76,83	1,31
CAPOEIRA	20 a 40	5,85	5,29	0,38	7,79	31,5	6,00	2,36	0,10	2,69	8,44	8,53	11,13	75,8	1,14
MATA	0 a 20	2,08	5,48	1,57	1,69	20,8	0,33	0,00	0,23	1,35	0,38	0,61	1,73	21,99	37,4
MATA	20 a 40	1,45	5,44	2,25	1,84	9,7	0,11	0,00	0,29	1,41	0,13	0,42	1,54	8,55	69
PASTAGEM	0 a 20	0,59	6,34	0,83	1,78	8,0	0,25	0,64	0,00	3,18	0,91	0,91	4,09	22,25	0
PASTAGEM	20 a 40	0,62	5,58	0,42	1,66	12,0	0,26	0,07	0,00	3,50	0,36	0,36	3,86	9,33	0

⁽¹⁾ Características químicas: MOS = matéria orgânica do solo = teor de carbono pelo método Walkey & Black x fator 1,724; pH = relação solo: água na relação 1:2,5; P e K = extrator Mehlich⁻¹; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = extrator KCl 1mol L⁻¹; H+Al = acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺; t = SB+Al³⁺; T = SB+(H+Al); V = (SB/T)x100; m = (Al³⁺/t)x100.

TABELA 4- Análises químicas dos solos da região de Florestal ⁽¹⁾.

Amostra Manejo	Camada --cm--	MOS -dag kg ⁻¹ -	pH	N --g kg ⁻¹ --	P --mg dm ⁻³ --	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
-----cmol _c dm ⁻³ ----- -----%-----															
CAPOEIRA	0 a 20	3,52	4,29	1,67	2,54	59,6	1,85	1,04	0,20	5,85	3,04	3,24	8,89	34,22	6,08
CAPOEIRA	20 a 40	2,93	4,29	1,52	1,6	50,0	1,67	0,90	0,33	5,74	2,69	3,02	8,43	31,9	10,87
MATA	0 a 20	3,17	4,57	1,39	1,69	78,7	1,81	0,69	0,43	6,60	2,70	3,12	9,3	29,02	13,65
MATA	20 a 40	3,17	4,4	1,84	1,06	59,6	1,55	0,59	0,56	7,14	2,29	2,85	9,43	24,33	19,55
PASTAGEM	0 a 20	1,84	4,1	1,22	3,15	72,3	0,77	0,15	1,02	6,33	1,11	2,12	7,44	14,88	47,89
PASTAGEM	20 a 40	1,18	3,97	1,01	2,08	40,4	0,64	0,21	0,98	5,96	0,96	1,94	6,92	13,87	50,64

⁽¹⁾ Características químicas: MOS = matéria orgânica do solo = teor de carbono pelo método Walkey & Black x fator 1,724; pH = relação solo: água na relação 1:2,5; P e K = extrator Mehlich⁻¹; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = extrator KCl 1mol L⁻¹; H+Al = acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺; t = SB+Al³⁺; T = SB+(H+Al); V = (SB/T)x100; m = (Al³⁺/t)x100.

TABELA 5- Análises químicas dos solos da região de Três Marias ⁽¹⁾.

Amostra	Camada	MOS	pH	N	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
Manejo	--cm--	-dag kg ⁻¹ -		--g kg ⁻¹ --	--mg dm ⁻³ --		-----Cmol _c dm ⁻³ -----					-----%-----			
MATA	0 a 20	4,02	4,53	0,87	2	50,0	0,53	0,47	1,17	3,66	1,13	2,30	4,79	23,57	50,92
MATA	20 a 40	1,82	4,27	0,8	0,8	12,7	0,36	0,42	1,53	2,80	0,82	2,35	3,62	22,65	65,08
PASTAGEM	0 a 20	3,22	4,44	1,18	1,3	35,6	1,24	0,54	1,04	2,37	1,87	2,91	4,24	44,1	35,76
PASTAGEM	20 a 40	1,78	4,19	0,87	1,78	10,4	0,64	0,69	2,28	3,12	1,35	3,63	4,47	30,23	62,74

⁽¹⁾ Características químicas: MOS = matéria orgânica do solo = teor de carbono pelo método Walkey & Black x fator 1,724; pH = relação solo: água na relação 1:2,5; P e K = extrator Mehlich⁻¹; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = extrator KCl 1mol L⁻¹; H+Al = acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺; t = SB+Al³⁺; T = SB+(H+Al); V = (SB/T)x100; m = (Al³⁺/t)x100.

TABELA 6- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do solo com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	CNsed
C_{H2O}	-0,30	0,04	-0,36	-0,06	-0,34	-0,09	-0,37	-0,30	-0,31	0,75*	-0,20	-0,33	-0,15	-0,42	-0,21	0,58	0,20	-0,35	-0,24	0,09	-0,43	1	-0,40	-0,22	0,01
Csed	0,66*	-0,01	-0,05	-0,02	-0,18	0,26	-0,14	0,35	0,51	-0,71*	-0,69*	0,45	0,31	-0,10	0,53	-0,53	-0,01	0,19	0,04	0,19	-0,34	-0,40	1	-0,22	0,01
Nsed	-0,17	0,08	-0,12	-0,28	0,30	0,14	0,02	0,06	-0,07	-0,24	-0,05	0,00	-0,06	-0,04	-0,03	-0,10	-0,03	0,14	-0,02	-0,36	0,49	-0,22	0,12	1	-0,96*
CNsed	0,18	-0,08	0,25	0,29	-0,17	-0,10	0,01	-0,03	0,02	0,13	0,19	-0,01	0,02	0,12	-0,04	0,04	0,01	-0,14	0,12	0,34	-0,33	0,01	-0,12	-0,96*	1

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 7- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema capoeira, considerando a profundidade de 0 a 20 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	CNsed
C_{H2O}	-0,22	-0,52	0,62*	0,76*	-0,49	0,33	-0,13	-0,50	-0,06	0,73*	0,56	-0,35	-0,12	0,34	-0,59	0,69*	-0,59	0,79*	0,54	0,69*	-0,20	1	-0,07	-0,74*	0,80*
Csed	0,99*	-0,80*	-0,79*	-0,35	-0,41	-0,61*	-0,41	-0,27	-0,04	-0,61*	-0,87*	-0,19	-0,33	-0,87*	0,38	-0,67*	0,66*	0,29	-0,87*	-0,49	0,22	-0,07	1	0,11	-0,22
Nsed	0,26	0,24	-0,66*	-0,97*	0,84*	-0,77*	-0,53	-0,19	-0,63*	-0,83*	-0,45	-0,36	-0,55	-0,57	-0,03	-0,79*	0,82*	-0,90*	-0,52	-0,92*	0,80*	-0,74*	0,11	1	-0,99*
CNsed	-0,37	-0,20	0,76*	0,99*	-0,75*	0,78*	0,47	0,11	0,53	0,90*	0,57	0,28	0,49	0,64*	-0,12	0,86*	-0,87*	0,87*	0,63*	0,95*	-0,74*	0,80*	-0,22	-0,99*	1

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 8- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema capoeira, considerando a profundidade de 20 a 40 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	CNsed
C_{H2O}	0,39	-0,51	0,62	0,70*	-0,37	0,84*	0,27	0,09	-0,16	-0,18	0,17	-0,05	-0,06	0,06	-0,22	-0,35	-0,71*	0,24	0,50	0,53	-0,42	1	-0,07	-0,74*	0,80*
Csed	0,85*	-0,80*	-0,74*	-0,27	-0,71*	-0,40	-0,65*	-0,42	0,10	-0,96*	-0,91*	-0,14	-0,20	-0,73*	0,04	-0,87*	0,68*	0,90*	-0,74*	-0,05	-0,70*	-0,07	1	0,11	-0,22
Nsed	-0,42	0,21	-0,74*	-0,99*	0,61*	-0,92*	-0,72*	-0,70*	-0,54	0,18	0,09	-0,63*	-0,62*	-0,55	-0,49	0,38	0,35	-0,33	-0,74*	-0,96*	0,63*	-0,74*	0,11	1	-0,99*
CNsed	0,33	-0,17	0,82*	0,99*	-0,50	0,97*	0,73*	0,66*	0,42	-0,08	0,05	0,55	0,54	0,56	0,38	-0,28	-0,49	0,22	0,80*	0,91*	-0,53	0,80	-0,22	-0,99	1

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 9- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema capoeira, considerando a média das profundidades, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	CNsed
C_{H2O}	-0,01	-0,51	0,61*	0,70*	-0,42	0,51	0,05	-0,18	-0,12	0,43	0,40	-0,15	-0,08	0,22	-0,39	0,31	-0,62*	0,50	0,38	0,57	-0,32	1	-0,07	-0,74*	0,80*
Csed	0,89*	-0,79*	-0,76*	-0,30	-0,49	-0,44	-0,51	-0,35	0,05	-0,62*	-0,85*	-0,15	-0,25	-0,80	0,20	-0,69*	0,63*	0,60*	-0,58	-0,24	-0,32	-0,07	1	0,11	-0,22
Nsed	0,02	0,22	-0,70*	-0,92*	0,71*	-0,73*	-0,60*	-0,46	-0,51	-0,49	-0,24	-0,51	-0,58	-0,56	-0,28	-0,35	0,48	-0,60*	-0,51	-0,89*	0,68*	-0,74*	0,11	1	-0,99*
CNsed	0,02	-0,18	0,78*	0,93*	-0,62*	0,76*	0,58	0,40	0,41	0,56	0,36	0,43	0,51	0,60*	0,15	0,43	-0,59	0,53	0,56	0,88*	-0,60*	0,80*	-0,22	-0,99*	1

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 10- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema pastagem, considerando a profundidade de 0 a 20 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	Cnsed
C_{H2O}	-0,28	0,45	-0,47	0,04	-0,52	-0,20	-0,21	-0,41	-0,21	0,61*	-0,14	-0,32	-0,17	-0,31	-0,27	0,51	0,31	-0,73	-0,39	0,35	-0,47	1	-0,46	-0,20	-0,05
Csed	0,57	-0,04	-0,05	0,30	-0,42	-0,77*	-0,20	0,31	0,49	-0,96*	-0,73*	0,44	0,20	-0,20	0,63*	-0,72*	-0,63*	0,42	-0,34	-0,02	-0,49	-0,46	1	0,12	-0,09
Nsed	-0,71*	-0,77*	-0,32	-0,48	-0,03	0,04	0,23	-0,42	-0,05	0,01	0,08	-0,22	-0,25	-0,09	-0,30	0,32	-0,69*	0,11	-0,50	-0,94*	0,35	-0,20	0,12	1,00	-0,95*
CNsed	0,76*	0,56	0,36	0,31	0,17	0,12	-0,28	0,40	-0,07	-0,07	-0,03	0,14	0,14	0,08	0,21	-0,31	0,73*	-0,03	0,59	0,81	-0,19	-0,05	-0,09	-0,95*	1,00

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 11- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema pastagem, considerando a profundidade de 20 a 40 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	CNsed
C_{H2O}	-0,27	0,45	0,04	0,10	-0,23	-0,61*	-0,58	-0,41	-0,18	0,79*	-0,24	-0,31	0,05	-0,37	-0,15	0,47	0,68*	-0,40	0,21	0,32	-0,29	1	-0,46	-0,20	-0,05
Csed	0,29	0,15	-0,63*	0,18	-0,66*	0,07	0,11	0,20	0,45	-0,89*	-0,70*	0,37	-0,03	-0,32	0,37	-0,36	-0,95*	0,49	-0,75*	0,09	-0,54	-0,46	1	0,12	-0,09
Nsed	-0,83*	-0,77*	-0,45	-0,67*	0,45	0,72*	0,20	-0,43	0,02	-0,01	0,22	-0,20	-0,23	0,06	-0,33	0,32	-0,18	0,84*	0,02	-0,78*	0,60*	-0,20	0,12	1	-0,95*
CNsed	0,92*	0,56	0,42	0,51	-0,31	-0,48	-0,16	0,42	-0,15	-0,12	-0,11	0,12	0,07	-0,02	0,21	-0,31	0,10	-0,83*	-0,10	0,60*	-0,46	-0,05	-0,09	-0,95*	1

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 12- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema pastagem, considerando a média das profundidades, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	CNsed
C_{H2O}	-0,27	0,27	-0,27	0,06	-0,35	-0,30	-0,30	-0,40	-0,20	0,70*	-0,18	-0,31	-0,07	-0,33	-0,20	0,47	0,38	-0,54	-0,12	0,31	-0,35	1	-0,46	-0,20	-0,05
Csed	0,38	0,00	-0,20	0,21	-0,55	-0,30	-0,06	0,25	0,47	-0,92*	-0,70*	0,40	0,10	-0,25	0,49	-0,50	-0,65*	0,45	-0,51	0,05	-0,50	-0,46	1	0,12	-0,09
Nsed	-0,76*	-0,45	-0,31	-0,51	0,23	0,28	0,18	-0,41	-0,02	0,00	0,15	-0,20	-0,23	-0,02	-0,32	0,31	-0,48	0,50	-0,26	-0,78*	0,49	-0,20	0,12	1	-0,95*
CNsed	0,83*	0,33	0,33	0,37	-0,09	-0,13	-0,18	0,40	-0,10	-0,10	-0,07	0,13	0,11	0,03	0,21	-0,30	0,48	-0,46	0,28	0,62	-0,35	-0,05	-0,09	-0,95*	1

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 13- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema mata, considerando a profundidade de 0 a 20 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	Cnsed
C_{H2O}	-0,43	-0,18	-0,78*	-0,56	-0,54	-0,22	-0,53	-0,43	-0,53	0,70*	-0,34	-0,49	-0,43	-0,97*	-0,17	0,70*	0,17	-0,10	-0,58	-0,17	-0,71*	1	-0,46	-0,20	-0,05
Csed	0,93*	0,62*	0,61*	0,52	0,19	0,65*	-0,14	0,89*	0,97*	-0,80*	-0,61*	0,96*	0,97*	0,49	0,90*	-0,81*	0,21	0,03	0,67*	0,89*	-0,12	-0,46	1	0,12	-0,09
Nsed	0,45	0,32	0,38	0,87*	-0,50	0,34	0,49	0,50	0,13	-0,59	-0,29	0,38	0,32	0,13	0,38	-0,60*	-0,35	0,54	0,21	0,27	-0,03	-0,20	0,12	1	-0,95*
CNsed	-0,44	-0,23	-0,14	-0,78*	0,73*	-0,25	-0,40	-0,44	-0,11	0,49	0,48	-0,32	-0,28	0,14	-0,44	0,49	0,41	-0,64*	0,00	-0,28	0,33	-0,05	-0,09	-0,95*	1

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 14- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema mata, considerando a profundidade de 20 a 40 cm, com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	CNsed
C_{H2O}	-0,48	-0,32	-0,53	-0,50	-0,66*	-0,14	-0,72*	-0,38	-0,41	0,94*	-0,36	-0,43	-0,20	-0,74*	-0,30	0,80*	0,35	-0,15	-0,38	-0,07	-0,48	1	-0,46	-0,20	-0,05
Csed	0,93*	0,45	0,39	0,03	0,90*	0,69*	0,26	0,76*	0,94*	-0,72*	-0,64*	0,91*	0,85*	0,62*	0,94*	-0,80*	0,09	-0,28	0,48	0,58	-0,38	-0,46	1	0,12	-0,09
Nsed	0,48	0,55	0,46	0,58	0,00	0,40	0,69*	0,47	0,26	-0,30	0,25	0,44	0,43	0,68*	0,36	-0,52	0,38	-0,41	0,39	0,04	0,62*	-0,20	0,12	1	-0,95*
CNsed	-0,45	-0,40	-0,23	-0,33	0,15	-0,34	-0,57	-0,36	-0,29	0,09	-0,08	-0,37	-0,42	-0,48	-0,37	0,37	-0,39	0,36	-0,21	0,03	-0,44	-0,05	-0,09	-0,95*	1

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 15- Correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do sistema mata, considerando a média das profundidades com os atributos químicos da água e dos sedimentos.

	pH	MOS	C	N	c/n	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	DS	PT	CE	NE	C/Ne	C _{H2O}	Csed	Nsed	CNsed
C_{H2O}	-0,43	-0,25	-0,65*	-0,50	-0,47	-0,16	-0,58	-0,40	-0,47	0,80*	-0,34	-0,46	-0,31	-0,83*	-0,23	0,73*	0,25	-0,12	-0,40	-0,07	-0,57	1	-0,46	-0,20	-0,05
Csed	0,89*	0,48	0,50	0,21	0,29	0,52	0,06	0,81*	0,95*	-0,70*	-0,62*	0,93*	0,90*	0,56	0,92*	-0,76*	0,15	-0,12	0,48	0,52	-0,27	-0,46	1	0,12	-0,09
Nsed	0,45	0,43	0,42	0,66*	-0,32	0,28	0,55	0,48	0,20	-0,38	-0,06	0,41	0,38	0,43	0,37	-0,52	0,00	0,09	0,29	0,08	0,35	-0,20	0,12	1	-0,95*
CNsed	-0,43	-0,31	-0,18	-0,48	0,49	-0,21	-0,45	-0,39	-0,20	0,22	0,24	-0,35	-0,35	-0,20	-0,40	0,40	0,03	-0,16	-0,13	-0,03	-0,12	-0,05	-0,09	-0,95*	1

Variáveis: pH= Acidez Ativa, MOS= Matéria Orgânica do Solo, C= Carbono, N= Nitrogênio, C/N= Razão entre os teores Carbono/Nitrogênio, P= Fósforo, K= Potássio, Ca²⁺= Cálcio, Mg²⁺= Magnésio, Al³⁺= Alumínio, H+Al= Alumínio Trocável, SB= Soma de Bases, t= Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, T= Capacidade de Troca Catiônica Total, V= Saturação por Bases, m= Saturação por Alumínio, DS= Densidade do Solo, CE= Estoques de Carbono, NE= Estoques de Nitrogênio, C/Ne= Razão Entre os Estoques de Carbono e Nitrogênio, C_{H2O}= Carbono da Água, Csed= Carbono dos sedimentos, Nsed= Nitrogênio dos Sedimentos e C/Nsed= Razão entre Carbono e Nitrogênio dos Sedimentos.

* : Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 1 - Pastagens das cinco regiões amostradas: A- Brumadinho; B- Jeceaba; C- Três Marias; D- Fortuna de Minas; E- Florestal.

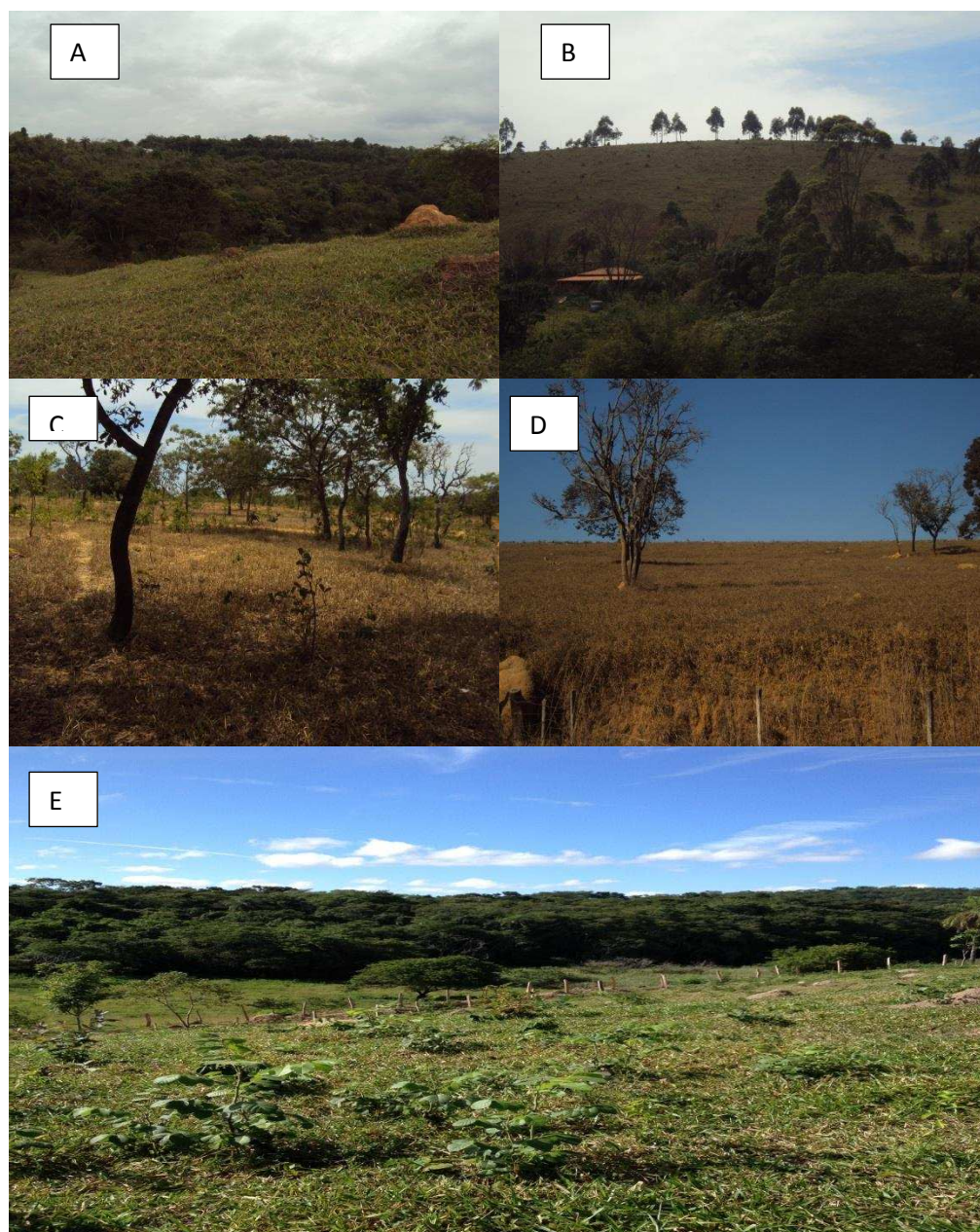


FIGURA 2 - Matas das cinco regiões amostradas: A-Três Marias; B- Fortuna de Minas; C- Florestal; D- Brumadinho; E- Jeceaba.

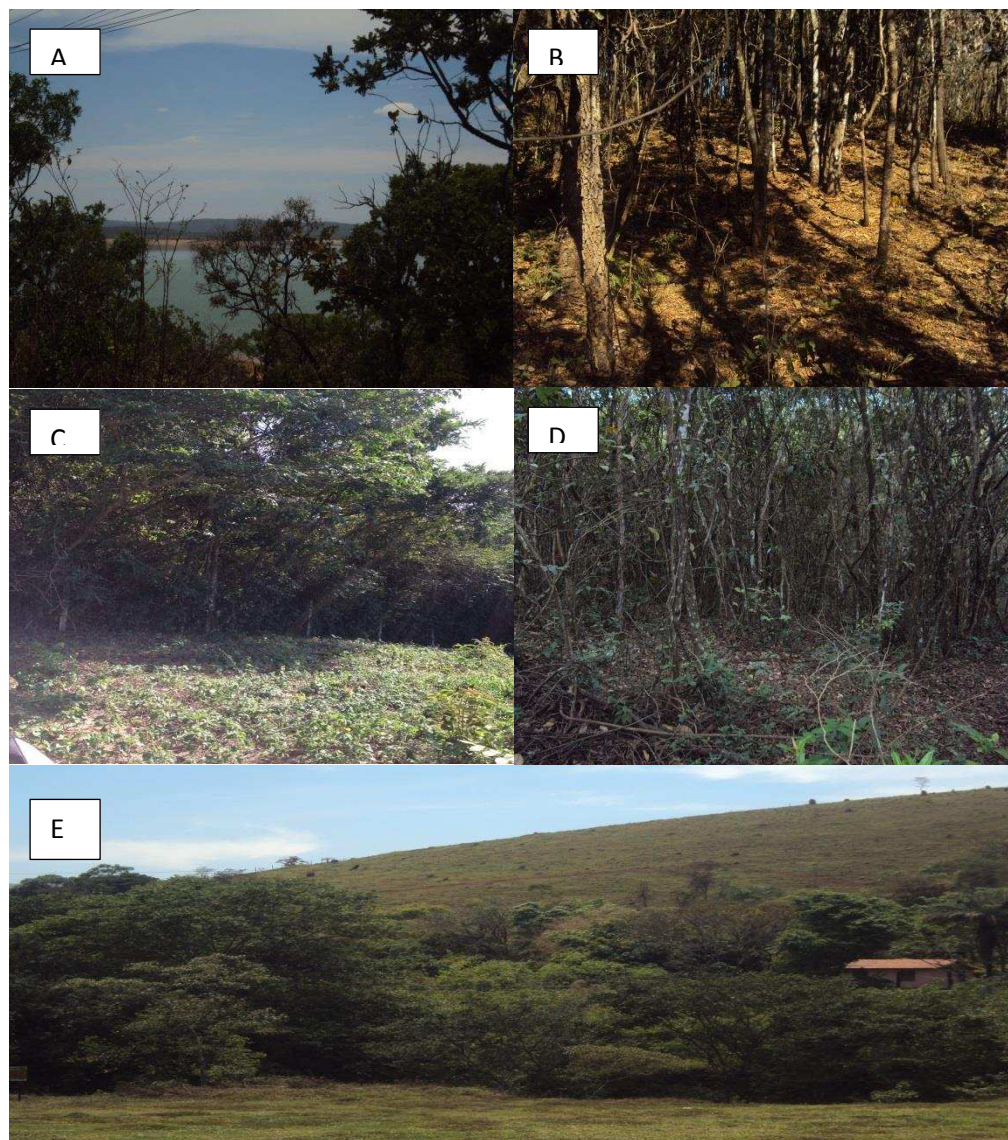


FIGURA - Capoeiras das cinco regiões amostradas: A- Brumadinho; B- Jeceaba; C- Fortuna de Minas; D- Florestal.

