



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

Centro de Ciências Agrárias

Departamento de Solos e Engenharia Rural

**Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**

**ESTOQUE DE CARBONO, NITROGÊNIO, FRAÇÕES E MODELAGEM DA  
MATÉRIA ORGÂNICA DE LATOSSOLO AMARELO DO CERRADO**

**Adilson Alves Costa**

**AREIA, PB**

**Fevereiro – 2018**

**ADILSON ALVES COSTA**

**ESTOQUE DE CARBONO, NITROGÊNIO, FRAÇÕES E MODELAGEM DA  
MATÉRIA ORGÂNICA DE LATOSSOLO AMARELO DO CERRADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título “Doutor em Ciência do Solo”. Área de Concentração: Solos em Agroecossistemas Familiares.

Orientador: Dr. Bruno de Oliveira Dias

AREIA, PB  
Fevereiro - 2018

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.*

C838e Costa, Adilson Alves.

Estoque de carbono, nitrogênio, frações e modelagem da matéria orgânica de latossolo amarelo do cerrado /Adilson Alves Costa. - Areia, 2018.  
125 f.

Orientação: Bruno de Oliveira Dias.  
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Infravermelho. 2. Century. 3. Fracionamento. I.  
Dias, Bruno de Oliveira. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

ADILSON ALVES COSTA

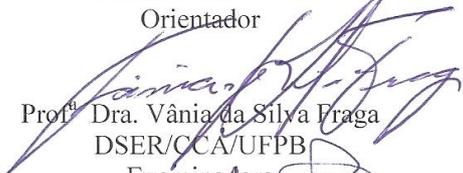
**ESTOQUE DE CARBONO, NITROGÊNIO, FRAÇÕES E MODELAGEM DA  
MATÉRIA ORGÂNICA DE LATOSSOLO AMARELO DO CERRADO**

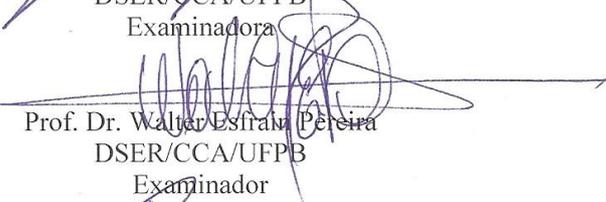
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título “Doutor em Ciência do Solo”. Área de Concentração: Solos em Agroecossistemas Familiares.

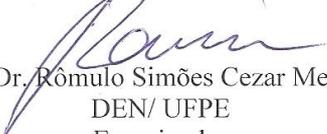
Aprovada em 28 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias  
DSER/CCA/UFPB  
Orientador

  
Prof.ª Dra. Vânia da Silva Fraga  
DSER/CCA/UFPB  
Examinadora

  
Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira  
DSER/CCA/UFPB  
Examinador

  
Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes  
DEN/ UFPE  
Examinador

  
Prof.ª Dra. Jussara Silva Dantas  
CCTA-UFCG  
Examinadora

Aos meus pais José do Nascimento Costa e Maria da Glória Alves Costa (em memória) e aos meus irmãos Marcos Antístete Alves Costa e Fernando Alves Costa pelo apoio na minha vida profissional.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pelo dom da vida e a graça que me concede a cada dia de lutar e buscar em seus caminhos a verdadeira sabedoria.

A minha família que sempre lutou pelo melhor para cada um de seus filhos. A estes, quero a cada dia expressar meus agradecimentos.

Agradeço aos meus amigos de Esperança/PB que me incentivaram constantemente. Agradeço a minha namorada Núbia, que sempre se colocou a disposição para ajudar, que sempre me apoiou, principalmente nos momentos difíceis. Meu muito obrigado!

À Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias que foi fonte de conhecimento para minha vida profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo que sempre se dispôs ao meu crescimento profissional e a Coordenação deste curso na pessoa da secretária Cláudia e dos professores Dr. Alexandre Paiva e Dr. Flávio Pereira.

Ao professor Walter Esfrain pela compreensão e orientação na execução das análises estatísticas dos dados da tese.

Ao Laboratório de Matéria Orgânica do CCA/UFPB na pessoa da professora Vânia Fraga e professores Bruno Dias e Ignácio Salcedo (em memória), que sempre se colocaram a disposição à realização das análises deste trabalho.

Aos amigos do laboratório de Matéria Orgânica: Kalline, Mariane, Flávio Rangel, André e Edvaldo, pela amizade construída.

Com muito carinho quero agradecer ao Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias pela orientação e apoio no trabalho, como também, pela paciência e dedicação. Saiba que essa convivência, com certeza, ficará marcada na minha vida. Uma parte de minha vida foi engrandecida pelo conhecimento fornecido por você e isso levarei para sempre nos meus caminhos, não só como profissional, mas, também, como cristão. Que DEUS, através de Jesus, possa lhe abençoar sempre.

Aos meus amigos Gilson Batista, Djalma, Isnara, Ewerton, Edvaldo, Marcílio, Flávio Rangel, Kalline e Jhony, que fizeram e continuam fazendo parte desta caminhada.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação, que sempre dispuseram tempo para tirarem minhas dúvidas. Muito obrigado.

Agradeço ao professor Rômulo Menezes e ao Tiago Diniz, da Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Nuclear – UFPE/DEN, pelo apoio,

paciência e pela formação neste doutorado. Muito obrigado! Que Deus ilumine vocês e suas famílias.

À Universidade do Estado da Bahia – UNEB, campus IX de Barreiras. Quero aqui, expressar todo meu agradecimento aos professores Dr. Marcos Vanderlei, Dr. Reginado Cerqueira, Dr. José Moraes. MSc. Fábio de Oliveira. A esses meus amigos de docência que Deus ilumine a todos e suas famílias.

Agradeço aos meus alunos da UNEB de forma particular aos do grupo de pesquisa Solo e Meio Ambiente (SOMA), Erlane, Charles, Aline, Dayse, Luciano e Wesley, que sempre se colocaram a disposição nos trabalhos de campo. Obrigado!

Finalmente agradeço do fundo do coração a todos os agricultores das áreas estudadas. Agradeço pela acolhida e disponibilidade de tempo. Saibam que vocês são verdadeiros protagonistas da realização do trabalho. Meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Apêndice.....</b>	<b>xii</b>
<b>Resumo Geral.....</b>	<b>xiii</b>
<b>General Abstract.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Uso agrícola do cerrado.....	4
2.2. Impacto das formas de uso do solo nos estoques de carbono e nitrogênio.....	6
2.3. Uso de técnicas espectroscópicas na agricultura .....	7
2.4. Uso de simuladores computacionais (Century) para estudo da dinâmica do carbono e nitrogênio .....	9
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>18</b>
<b>ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO EM SOLOS SOB DIFERENTES FORMAS DE USO NO CERRADO.....</b>	<b>18</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>19</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>20</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
3.1. Concentração de carbono orgânico, nitrogênio total e relação C/N.....	28
3.2. Estoque de carbono e nitrogênio.....	31
3.3. Análise de componentes principais .....	35
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>38</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>44</b>
<b>FRACIONAMENTO FÍSICO E QUÍMICO E PROPRIEDADES ESPECTRAIS DO SOLO E DA MATÉRIA ORGÂNICA LIVRE EM ÁREAS SOB DIFERENTES FORMAS DE USO NO CERRADO.....</b>	<b>44</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>45</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>46</b>

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>49</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
3.1. Carbono das frações húmicas .....	55
3.2. Fracionamento granulométrico da MOS .....	59
3.3. Índice de manejo de carbono (IMC).....	61
3.4. Composição química do solo e MOL determinado por IV-TF.....	63
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>71</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>76</b>
<b>ADAPTAÇÃO DO MODELO CENTURY4.5 PARA SIMULAÇÃO DOS</b>	
<b>ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ÁREAS SOB EUCALIPTO NO</b>	
<b>CERRADO .....</b>	<b>76</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>77</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>78</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>80</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>90</b>
3.1. Simulação de equilíbrio .....	90
3.2. Simulação do período de cultivos.....	92
3.3. Comparação dos valores simulados com os observados .....	95
3.4. Teste de sensibilidade .....	98
3.5. Validação .....	100
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>101</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>102</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>106</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>108</b>

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

TABELA 1.1. Caracterização química e matéria orgânica das áreas de estudo submetida a diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0-20 cm.....	25
TABELA 1.2. Caracterização física das áreas de estudo submetida a diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0-20 cm .....	25
TABELA 1.3. Estoque de carbono e nitrogênio em áreas sob diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0-60 cm no Cerrado.....	34
TABELA 1.4. Autovalores e porcentagem da variância explicativa por cada componente principal (CP) para variáveis analisadas de um Latossolo Amarelo de áreas sob diferentes formas de uso no Cerrado .....	35
TABELA 1.5. Correlação das variáveis analisadas em um Latossolo Amarelo de áreas sob diferentes formas de uso do solo com os componentes principais (CP1, CP2 e CP3).....	36

### CAPÍTULO II

TABELA 2.1. Caracterização química e matéria orgânica das áreas de estudo submetida a diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0-20 cm.....	51
TABELA 2.2. Caracterização física das áreas de estudo submetida a diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0-20 cm .....	51
TABELA 2.3. Teores de carbono das frações ácidos fúlvicos (C-FAF), ácidos húmicos (C-FAH), carbono na forma de substâncias húmicas (C-SH), humina (C-HUM), carbono total (COT), relação (C-FAH/CFAF) e relação (C-HUM/C-FAF+C-FAH) ( $\pm$ erro-padrão da média) em áreas de Cerrado sob diferentes formas de uso do solo.....	57

TABELA 2.4. Carbono orgânico particulado da MOS (COp), carbono orgânico associado a silte+argila da MOS (Coam), estoque de carbono na fração particulada da MOS (EstCOp) e estoque de carbono na fração associada a silte+argila da MOS (EstCOam) ( $\pm$ erro-padrão da média) em diferentes camadas em áreas de Cerrado sob diferentes formas de uso do solo.....	60
---	----

TABELA 2.5 Índice de estoque de carbono (IEC), Labilidade do carbono (LC), índice de labilidade do carbono (ILC) e índice de manejo do carbono (IMC) em diferentes profundidades em áreas de cerrado sob diferentes formas de uso do solo.....	62
--	----

### CAPÍTULO III

TABELA 3.1. Áreas de estudo e histórico, resumidos .....	80
--	----

TABELA 3.2. Atributos químicos e físicos na camada arável de 0-20 cm do solo utilizado na parametrização do modelo Century4.5.....	83
--	----

TABELA 3.3. Parâmetros da cultura (CROP.100) alterados na vegetação nativa.....	84
---	----

TABELA 3.4. Parâmetros do FIX.100 utilizado na simulação da ACN e AEU .....	85
---	----

TABELA 3.5. Parâmetros do CULT.100 alterados nas plantações antes do eucalipto.....	86
---	----

TABELA 3.6. Parâmetros do HARV.100 alterados nas plantações de arroz e feijão.....	86
--	----

TABELA 3.7. Parâmetros do FERT.100 alterados nas plantações de arroz e feijão .....	87
---	----

TABELA 3.8. Parâmetros do TREE.100 alterados na simulação pelo modelo Century4.5.....	87
---	----

TABELA 3.9. Valores simulados para carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) nos compartimentos ativo, lento e passivo em solos de Cerrado (ACN) (simulação de equilíbrio), em Luís Eduardo Magalhães, BA .....	92
--	----

TABELA 3.10. Valores simulados para carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) nos compartimentos ativo, lento e passivo em solos de eucalipto (AEU) (simulação de equilíbrio) em Luís Eduardo Magalhães, BA .....	95
TABELA 3.11. Estoque de carbono (COT), nitrogênio (NT) e relação C/N simulados e observados na área de Cerrado nativo (ACN) e área sob plantação de eucalipto (AEU) em Luís Eduardo Magalhães, BA.....	98
TABELA 3.12. Teste de sensibilidade .....	99

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- FIGURA 1.1. Precipitação pluviométrica e temperatura média do município de Luís Eduardo Magalhães, área de estudo, do ano agrícola de 2015 ..... 23
- FIGURA 1.2 (a,b,c). Teor de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado ..... 30
- FIGURA 1.3 (a,b). Estoque de carbono e nitrogênio em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado ..... 33
- FIGURA 1.4 Dispersão das variáveis analisadas sob diferentes formas de uso do solo. MOL: matéria orgânica leve; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula; C: teor de carbono; N: teor de nitrogênio; EstC: estoque de carbono; EstN: estoque de nitrogênio; areia; silte e; argila ..... 37

### CAPÍTULO II

- FIGURA 2.1. Precipitação pluviométrica e temperatura média do município de Luís Eduardo Magalhães, área de estudo, do ano agrícola de 2015 ..... 49
- FIGURA 2.2. Espectros de IV-TF do solo na profundidade de 0-5 cm (a), 5-10 cm (b), 10-15 cm (c), 15-20 cm (d) em diferentes formas de uso do solo. APC: área sob plantio convencional; APA: área sob pastagem; APD: área sob plantio direto; AEU: área sob plantio de eucalipto; ACN: área sob vegetação de Cerrado... 66
- FIGURA 2.3. Espectros de IV-TF da MOL na profundidade 0-5 cm (a), 5-10 cm (b), 10-15 cm (c), 15-20 cm (d) em diferentes formas de uso do solo. APC: área sob plantio convencional; APA: área sob pastagem; APD: área sob plantio direto; AEU: área sob plantio de eucalipto; ACN: área sob vegetação de Cerrado... 70

### CAPÍTULO III

- FIGURA 3.1. Dinâmica dos compartimentos de C (a) e N (b) na simulação de equilíbrio de 5.000 anos da área de Cerrado nativo (ACN) estimado pelo modelo Century4.5..... 92
- FIGURA 3.2. Dinâmica temporal dos compartimentos do C (a) e N (b) na simulação do período de 18 anos com cultivo de eucalipto pelo modelo Century4.5 ..... 94
- FIGURA 3.3. Estoque de C (a) e N (b) simulado pelo modelo Century4.5 e observado em laboratório na ACN e AEU. I, de 1998-200, área sob arroz e pousio, II, de 2001-2006, área sob pousio e feijão e III, de 2007 até atualmente, plantação de eucalipto ..... 97
- FIGURA 3.4. Valores de validação referentes aos estoques de C simulados pelo modelo Century4.5 e observados em laboratório na ACN e AEU. I, ano de 2007 área sob arroz e pousio, II, de 2009 a 2015, área sob plantação de eucalipto no município de Regeneração, PI. .... 100

**LISTA DE APÊNDICE**

APÊNDICE A. Parâmetro do SITE.100 chamado BARREIRAS.100 para realização da simulação pelo modelo Century4.5 .....	119
APÊNDICE B. Organização do arquivo NATIVA.SCH formando o cenário para estabilização no modelo Century4.5 .....	116
APÊNDICE C. Organização do arquivo EUCAL.SCH formando o cenário para estabilização no modelo Century4.5 .....	118

## RESUMO GERAL

COSTA, ADILSON ALVES. **Estoque de carbono, nitrogênio, frações e modelagem da matéria orgânica de Latossolo Amarelo do Cerrado**. 2018. 125p. Tese (Doutor em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, PB.

A conversão do Cerrado em áreas agricultáveis afeta significativamente na dinâmica dos compartimentos orgânicos e sobre os estoques de carbono (C) e nitrogênio (N), aumentando, assim os gases de efeito estufa. Assim, é necessário o entendimento sobre os efeitos das práticas agricultáveis com o intuito de identificar formas de uso do solo que possam ser estratégias de mitigação desses efeitos. Neste sentido, esta pesquisa foi realizada com os objetivos de avaliar as alterações provocadas por diferentes formas de uso do solo sobre os estoques de carbono e nitrogênio, assim como estudar, através de técnica de espectroscopia de infravermelho com transformação de Fourier, possíveis alterações da estrutura química de amostras de solo e matéria orgânica leve, bem como adaptar o modelo Century4.5 para simular os estoques de C e N do solo em condições edafoclimáticas do Cerrado. A pesquisa foi realizada no município de Luís Eduardo Magalhães, Oeste da Bahia, cidade em plena expansão agrícola, principalmente com as culturas de soja, milho, algodão e mais recentemente, o eucalipto. Neste sentido, foram selecionadas quatro áreas sob diferentes formas de uso do solo, sendo, áreas sob plantio convencional, área sob plantio direto, área sob pastagem e área sob plantio de eucalipto e, como referência, uma área sob vegetação nativa de cerrado sensu stricto. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo, textura média e pobre em matéria orgânica. Nas diferentes formas de uso do solo foram abertas cinco trincheiras onde coletou-se amostras de solo nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm e 40-60 cm. Foram avaliados os teores e estoques de C e N do solo, granulometria, densidade do solo, fracionamento químico e físico, índice de manejo de carbono, identificação de grupos funcionais através de técnica espectroscópica de infravermelho, e também adaptou-se o modelo Century4.5, por meio de modificações em seus parâmetros de acordo com as características edafoclimáticas do Cerrado, para a simular os estoques de C e N. A área sob plantio direto aumentou os teores de C na profundidade superficial de até 10 cm, porém, seus estoques não ultrapassaram os 5 cm, quando comparados as demais formas de uso do solo. O cultivo da pastagem contribuiu para recuperar os estoques de C até 40 cm. Para os estoques de N, considerando uma profundidade de até 60 cm, as formas de uso do solo como plantio direto, pastagem e convencional, diminuíram seus valores em até 41%, 59% e 67%, respectivamente, em comparação à área sob vegetação nativa de Cerrado. O cultivo convencional, pastagem e direto favoreceram a um enriquecimento de carbono na fração ácido fúlvico na profundidade de 5-10 cm, porém, apenas o cultivo da pastagem e plantio direto aumentaram na profundidade de 15-20 cm. Em relação ao índice de manejo de carbono (IMC) a pastagem e eucalipto sobressaíram em relação as demais formas de uso do solo, inclusive quando comparadas a área sob vegetação nativa de Cerrado em todas as profundidades avaliadas. Em todas as áreas verificou-se a presença de grupos alifáticos, aromáticos, -OH, carboxílicos e carbonilas. Porém, houve diminuição no grau de resistência à decomposição das amostras de matéria orgânica leve (MOL) referente a área sob plantio direto na profundidade de até 20 cm. O modelo Century4.5 apresentou erros inferiores de 1% e 4% para os estoques de C e N, respectivamente, nas áreas de vegetação nativa e sob cultivo de eucalipto, se ajustando para a simulação dos dados. A substituição da vegetação nativa por eucalipto, ao longo do tempo é capaz de aumentar os estoques de carbono e nitrogênio no solo.

Palavras chave: Infravermelho, Century, fracionamento

## GENERAL ABSTRACT

COSTA, ADILSON ALVES. **Carbon stock, nitrogen, fractions and organic matter modelling of Cerrado oxisol**. 2018. 125p. Thesis (doctor in soil science) - Federal University of Paraíba, PB.

Accordingly, this study was performed with the objective to evaluate changes caused by different types of land use on the carbon and nitrogen stocks as well as to study, by infrared Spectroscopy Fourier possible alterations of the structure chemical soil samples and light organic material, and to adapt the model Century4.5 to simulate stocks of C and N in the soil of the soil and climatic conditions cerrado. The survey was conducted in the municipality of Luis Eduardo Magalhães, Western Bahia, a city in full agricultural expansion, especially with soybean, corn, cotton and most recently, eucalyptus. In this sense, we selected four areas in different forms of land use, and, areas under conventional planting area under tillage, area under pasture and area under eucalyptus planting and, as reference, an area under native vegetation cerrado. The soil was classified as Oxisol, medium texture and poor in organic matter. In the various forms of land use five profiles were opened which is collected soil samples at depths of 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm and 40-60 cm. They evaluated the content and inventory of C and N soil, particle size, bulk density, chemical and physical fractionation, carbon management index, identification of functional groups by spectroscopic technique infrared, and also adapted to the Century4 model. 5 through changes in its parameters according to the characteristics of the soil and climatic cerrado, to simulate the C stocks and N. the area under increased till the C content in the surface depth of 10 cm, but not their inventories exceeded 5 cm, compared to other forms of land use. The cultivation of pasture contributed to recover the C stocks up to 40 cm. For total N, considering a depth of 60 cm, the forms of use as soil tillage, and conventional grazing, their values decreased up to 41%, 59% and 67%, respectively, compared to the area under native cerrado vegetation. The conventional farming, grazing and direct favored a carbon enrichment in the fulvic acid fraction at a depth of 5-10 cm, however, only the cultivation of pasture and tillage increased in the 15-20 cm. With respect to carbon management index (CMI) and eucalyptus grazing stood in relation to other forms of land use, even when compared to area under native cerrado vegetation at all depths measured. In all areas we verified the presence of aliphatic, aromatic, -OH, carboxyl and carbonyl. However, there was a decrease in the degree of resistance to light decomposition of organic matter samples (OMS) on the area under the tillage depth of 20 cm. The Century4.5 error model presented below 1% and 4% for the stocks of C and N, respectively, in the native vegetation areas under cultivation eucalyptus, setting data for the simulation. Replacement of the native vegetation by eucalyptus over time is able to increase the carbon and nitrogen stocks in the soil.

Keywords: Infrared, century, fractionation

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado representa um dos principais biomas do Brasil com aproximadamente 200 milhões de hectares (Resende e Rosolen, 2013), sendo 9,1 milhões de hectares localizado no Oeste da Bahia.

Contudo, a atual preocupação com a conversão do Cerrado localizado, principalmente, na região Norte e porção do Nordeste do Brasil por meio de desmatamento e queima, em diferentes formas de uso do solo, tem despertado a atenção de pesquisadores para entender como essas diferentes formas de uso estão influenciando na mudança dos estoques de carbono, nitrogênio e frações da matéria orgânica do solo (MOS), e como essas modificações interferem na emissão dos gases de efeito estufa (GEE) como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Com a abertura desta nova fronteira agrícola, visto como um grande potencial agricultável, a alta demanda de produção, principalmente, de grãos e fibras, tem aumentado a necessidade de pesquisas, devido aos poucos estudos que subsidia o entendimento das práticas de uso do solo com as características do Cerrado ao longo do tempo.

No Brasil, a sustentabilidade das atividades agrícolas tem demonstrado grande dependência da matéria orgânica, devido a suas inter-relações com as propriedades físicas, químicas e biológicas. Conforme o uso do solo adotado, o equilíbrio na dinâmica do carbono e nitrogênio é quebrado, podendo assim aumentar ou diminuir em relação ao sistema natural e conseqüentemente modificar a qualidade da MOS. Neste contexto, pode-se afirmar que grande parte da degradação dos solos, resulta, principalmente das diversas formas de uso do solo.

Com essa crescente problemática, práticas sustentáveis de manejo, como o sistema de plantio direto, surgem como alternativa para minimizar o efeito negativo causado no solo pelas diferentes formas de uso. Para Carvalho et al., (2010), a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, juntamente com a rotação de cultura, melhora as propriedades físicas e atividade biológica do solo pelo aporte da matéria orgânica, além de aumentar o estoque de carbono e nutrientes no solo.

A caracterização da MOS é fundamental para a manutenção da qualidade do solo. Para o efeito é importante separar as frações fisicamente, tendo em vista que são nas frações orgânicas que se encontram os compartimentos mais lábeis da MOS. Como exemplo tem-se a fração leve (FL) que corresponde à fração ativa do solo, composta por resíduos orgânicos como raízes, restos de plantas, hifas em vários estágios de degradação,

sendo esta fração sensível às práticas de uso do solo, se torna importante sua avaliação na qualidade do sistema adotado.

Para avaliar de forma conjunta os efeitos do uso do solo na qualidade e quantidade da MOS, existe o índice de manejo de carbono (IMC), proposto por Blair et. al., (1995), no qual considera o índice de estoque de carbono (IEC) e o índice de labilidade do carbono (ILC). O IEC relaciona o estoque de carbono de uma determinada área submetida a diferentes formas de uso com um sistema de referência, enquanto o ILC avalia a labilidade da MOS nas áreas estudadas relacionando-a com áreas de referências.

Para melhor compreensão da MOS, nos últimos anos, técnicas espectroscópicas, como infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF), vêm se destacando em pesquisas que auxiliem o entendimento dos processos relacionados a sua dinâmica.

Outro ponto importante é buscar de estratégias ou práticas sustentáveis que devem ser adotadas e, para isso, o uso de modelos matemáticos é importante para avaliar cenários referentes as modificações da MOS provocada pelas diferentes formas de uso do solo. Esses modelos de simulações são úteis, pois, permitem vislumbrar cenários a partir do conhecimento atual. Dentre esses modelos destaca-se o Century, amplamente utilizado para estudos da dinâmica de carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, além de água no solo e produção vegetal em diferentes ecossistemas. Vale lembrar que uma das grandes vantagens do Century é a possibilidade de simular mudanças de uso de solos bastante complexos.

A presente tese é composta por três capítulos. No capítulo I, intitulado “Estoque de Carbono e Nitrogênio em Solos Sob Formas de Uso no Cerrado”, estudou-se o efeito dessas formas de uso do solo nos teores e estoques de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total (NT) visando identificar melhor formas de uso do solo em relação a área de referência.

No capítulo II, intitulado “Fracionamento Físico e Químico e propriedades Espectrais do Solo e da Matéria Orgânica Leve em Áreas Sob Diferentes Formas de uso no Cerrado”, realizado nas mesmas áreas do capítulo anterior, foram estudadas o C nos compartimentos químico (substâncias húmicas) e físicos (fração leve particulada a associadas aos minerais de silte e argila) da matéria orgânica. Também determinou-se o índice de manejo de carbono (IMC), assim como as mudanças dos grupos funcionais das amostras de solos e da matéria orgânica leve (MOL) através da técnica espectroscópica de infravermelho médio com transformada de Fourier (IV-TF).

No capítulo III, intitulado “Adaptação do Modelo Century4.5 para Simulação dos Estoques de Carbono e Nitrogênio em Áreas Sob Eucalipto no Cerrado” realizado apenas para as áreas sob vegetação nativa e áreas sob plantação de eucalipto, adaptou-se o modelo

Century4.5 (Parton et al.,1987) para simular os efeitos do uso do solo nos estoques de carbono e nitrogênio em diferentes compartimentos da MOS, além de comparar os valores simulados com os observados em laboratório.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### *2.1 Uso agrícola dos solos do Cerrado*

A vegetação natural do bioma Cerrado vem sendo substituída por diferentes formas de uso do solo, principalmente por culturas agrícolas e pastagem com âmbito comercial. Neste cenário, parte do Nordeste, representados pelos estados da Bahia e Piauí, as lavouras temporárias ocupam aproximadamente 97,3% do total de 4,7 milhões de hectares com lavouras no cerrado nordestino (IBGE, 2015), consolidando, assim, a nova fronteira agrícola do país.

Os solos mais representativos do cerrado nordestino são Latossolos, Argissolos e Neossolos Quartzarênicos, sendo caracterizados, de forma geral, com textura arenosa a média; solos planos, profundos, baixa capacidade de troca catiônica (CTC), dependendo este, quase que exclusivamente da contribuição da matéria orgânica do solo, pobres em nutrientes e com problemas de acidez e saturação por alumínio (SPERA et al., 1999).

A conversão do Cerrado através de práticas como derrubada e queima da vegetação nativa para a introdução de novas formas de uso do solo, podem resultar na degradação e aceleração das perdas da matéria orgânica do solo (Lal, 2003; Smith et al., 2008; Guareschi et al., 2012), sendo extremamente prejudicial aos solos deste bioma, pois, este compartimento é responsável por até 85% da capacidade de troca catiônica (CTC) (Oorts et al., 2003). Contudo, muitos estudos são voltados para o Cerrado Central, sendo que, pouco se sabe sobre o Cerrado do Nordeste.

O Cerrado encontra-se totalmente na região tropical e representa, hoje, não somente para o Brasil, mas para o mundo, uma das últimas alternativas viáveis e com alto potencial de produção agrícola (MAROUELLI, 2003). Esses ecossistemas irão exigir diferentes sistemas de manejo, que contribuirão para maior produtividade das culturas sem degradação do meio ambiente. Entretanto, sua utilização para este fim requer precauções e medidas que visem o seu desenvolvimento sustentável, sem esgotamento dos recursos naturais, tão abundantes nesta região.

Os solos do Cerrado, região oeste foram considerados, até o final dos anos sessenta, inaptos para agricultura. A pesquisa científica, entretanto, tornou os Latossolos, a área mais propícia para a produção de grãos por serem solos profundos (normalmente superior a 2 m) e bem drenados (MAROUELLI, 2003). Geralmente, os Latossolos são privilegiadas de expansão da agricultura especializada em grãos, normalmente, estão situados em relevo plano a suave ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, são profundos,

porosos, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis e de fácil preparo, o que possibilita a mecanização (RESCK et. al., 1991). É fundamental não perder de vista que o desenvolvimento dessas culturas supõe a adequação do solo e do regime hídrico a plantas cujas exigências não podem ser satisfeitas pelos recursos disponíveis: mais que isso, tanto a mecanização como o uso em larga escala de fertilizantes químicos, de agrotóxicos e da irrigação contribuem, de modo decisivo, para empobrecer a diversidade genética desses ambientes. Apesar disso, nas áreas de Latossolos, Souza e Lobato, (2004), consideram possível a sustentabilidade da agricultura, desde que sejam adotadas técnicas elementares de manejo conservacionistas visando o combate à degradação dos solos.

A degradação dos recursos naturais é visível no reconhecimento de seus efeitos, como a erosão hídrica e eólica, a incidência de enchentes e secas, a poluição dos mananciais hídricos, o assoreamento de rios e represas. O uso indiscriminado dos solos, as elevadas doses de “corretivos” e fertilizantes químicos, o uso de sistemas não racionais de preparo, inclusive com a pulverização exagerada (gradagem), podem gerar situações bastante nocivas para o ambiente físico químico e biológico (GERARDI e LOMBARDO, 2004).

A introdução de culturas comerciais, no sistema de produção da região dos Cerrados requer algumas melhorias nas características químicas deste solo. Os solos do Cerrados, em geral, apresentam saturação por Al acima de 10% em 84% das áreas agrícolas (bem drenada e com declive menor que 7%) (RESCK et. al., 1991)

A adoção de práticas que implica na manutenção da matéria orgânica ou serrapilheira na sua superfície, proporciona cobertura suficiente para dissipação da energia cinética das gotas de chuva e barreiras para o escoamento superficial das águas, diminuindo a degradação das terras pela erosão, além disso, a manutenção da palha na superfície do solo somada à ausência do revolvimento do solo, além de reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, aumenta o estoque de carbono no solo (CARVALHO, 2010). Já em um sistema convencional de uso dos solos, com aração e gradagem antecedendo cada cultivo, há maior suscetibilidade ao escoamento superficial das águas, com arraste de partículas, provocando a degradação das terras, que será tão intensa quanto for à erosão (RHEINHEIMER, et. al. 1998).

## *2.2 Impacto das formas de uso do solo nos estoques de carbono e nitrogênio*

As diferentes formas de uso do solo exercem um papel fundamental no estoque de carbono e nitrogênio no solo, pois, de acordo com o manejo adotado pode ocorrer alterações nas frações orgânicas do solo, sendo estas frações, as principais formas de armazenamentos de carbono no solo (DEON, 2013).

Diversos trabalhos têm avaliado a influência das várias condições de uso do solo nos estoques de carbono e nitrogênio. A mudança do uso da terra de pastagem para agricultura pode provocar a perdas de até 10% de carbono do solo na camada de até 20 cm de profundidade, enquanto que a conversão de agricultura para pastagem pode incrementar 26% de carbono no solo (DON, 2011). Porém, trabalhos realizados por Leite (2013) em Latossolo Vermelho Amarelo, destacaram que a presença de pastagem bem manejada com adubações periódicas aumentaram a de fertilidade do solo e os estoques de carbono nos diferentes compartimentos da matéria orgânica devido ao sistema radicular das pastagens serem bem abundantes, propiciando maior liberação de exsudatos. Logo, Lima et al., (2008), destaca que cultivos como eucalipto em áreas anteriormente ocupadas por pastagem mal manejadas promove recuperação nos estoques de carbono.

Pegoraro et al., (2011), estudando o estoque de carbono e nitrogênio na fração leve e biomassa microbiana verificaram aumento no estoque de carbono da biomassa microbiana na camada de 0-60 cm em solos sob cultivo de eucalipto quando comparado a áreas de pastagem. Porém, não foi observado diferença para o nitrogênio. Para os mesmos autores, a contribuição do cultivo de eucalipto para os estoques de carbono no solo em substituição a áreas com pastagem pode incrementar anualmente 0,39 e 0,20 t ha<sup>-1</sup> de carbono orgânico na entrelinha e linha de eucalipto, respectivamente, além de aumentar os estoques de carbono orgânico total até 60 cm de profundidade. Isto deve-se à maior incorporação de resíduos da colheita do eucalipto. Resultados semelhantes foram encontrados por Gazolla et al., (2013) que trabalhando com sistemas de plantio direto, integração lavoura pecuária e pastagem, encontram menores estoques de carbono nesta última forma de uso do solo.

Portanto, o incremento dos estoques de carbono no solo pode ser atingido com sistema de manejo que garantam o aporte de resíduos no solo. Carvalho et al., (2009), verificaram aumento de 0,38 t C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em sistema de plantio direto quando comparado ao sistema convencional. Já Hickmann e Costa (2012), verificam recuperação parcial dos estoques de carbono orgânico e seu teor em solos influenciados pelo plantio direto, quando comparado com vegetação nativa.

A rotação de cultura, praticada no sistema de plantio direto, aumenta a biodiversidade do solo, devido ao aporte de diversos materiais orgânicos, conseqüentemente, essa biodiversidade absorve e acumula mais carbono (LAL, 2004).

Entretanto, o acúmulo de carbono também está relacionado às condições climáticas, tipos de solos e manejo aplicado (CARVALHO et al., 2009). Bernoux et al., (2006) observaram taxas de acúmulo de carbono variando de 0,4 a 1,7 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> até 40 cm de profundidade em sistema de plantio direto no Cerrado. Já Bayer et al, (2006), avaliando também taxas de acúmulo de carbono no mesmo sistema de plantio e mesmo bioma, em solos de textura média e argilosa observaram taxas anuais de acúmulo na ordem de 0,30 e 0,60 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. A ausência de operações de cultivo como revolvimento do solo, rotação de culturas, cobertura do solo, reduzem a taxa de decomposição, conseqüentemente, mineralização, aumenta a taxa de acúmulo de matéria orgânica no solo (Resck et al., 2000, Green et al., 2007), garantindo, assim, o fluxo contínuo de substrato e energia para os organismos do solo.

Pereira et al., (2010) estudando a influência de diferentes sistemas de manejo no estoque de carbono e teores de matéria orgânica leve, destacaram que em sistema de plantio direto, a ausência do revolvimento do solo, associado com o sistema radicular da cultura aumentam os estoques de carbono orgânico nas camadas mais profundas do solo, como também os teores de matéria orgânica leve.

Carvalho et al., (2009) indicam que estas taxas de acúmulo de carbono em áreas sob conversão de sistema de plantio direto com lavoura para integração de lavoura pecuária sob sistema de plantio direto podem ser maior, chegando a variar entre 0,8 a 2,8 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

### *2.3 Uso de técnicas espectroscópicas na agricultura*

Dada a importância dos processos relacionados à dinâmica da matéria orgânica no comportamento das funções vitais do solo, atualmente vem se destacando o uso de métodos espectroscópicos na agricultura. Esses métodos possibilitam o conhecimento detalhado dos processos químicos relacionados à transferência e transformação de elementos e de compostos no sistema solo-água-plantas-atmosfera (Melo e Alleoni, 2009). Dentre elas destacam-se a fluorescência de luz no ultravioleta-visível, a fluorescência induzida por laser, o infravermelho com transformada de Fourier, a ressonância magnética nuclear do <sup>13</sup>C e do <sup>1</sup>H e a ressonância paramagnética eletrônica, que fornecem

informações sobre a composição da matéria orgânica e a proporção de vários tipos de grupos funcionais (MILORI et al., 2006, GONZÁLES-PEREZ et al., 2004).

Dentre as técnicas espectroscópicas utilizadas, o infravermelho com transformada Fourier (FTIR) apresenta radiação de infravermelho como parte do espectro eletromagnético entre a região visível e as microondas, tendo a região de interesse situado de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$  (SILVERSTEIN et al., 1994, apud SILVA NETO, 2010). Para esses autores, na região do infravermelho ocorre os movimentos rotacionais e vibracionais dos grupos moleculares e ligações químicas de uma molécula, sendo possível obter informações sobre a estrutura das moléculas orgânicas. De forma mais específica, a espectroscopia de FTIR permite identificar grupos funcionais como hidroxilas, carboxilas, alifáticos, aminas e outros, possibilitando, assim, inferir sobre aspectos com o grau de decomposição e humificação da matéria orgânica (SILVA NETO, 2010), sendo também possível estabelecer índices para a matéria orgânica, como o índice de aromaticidade, que é a razão entre a intensidade do pico em 1630  $\text{cm}^{-1}$  associado aos grupos aromáticos e a intensidade do pico 2920  $\text{cm}^{-1}$  associado aos grupos alifáticos, informando o grau de condensação/saturação da matéria orgânica do solo (CHEFETZ et al., 1996).

Vários trabalhos enfatizam o uso dos métodos espectroscópicos. Rovira et al., (2002), analisando as propriedades espectroscópicas de ácidos húmicos, observaram que esses materiais oriundos dos solos adubados com esgoto apresentam caráter predominantemente alifático, baixo teor de grupos funcionais oxigenados e altos teores de polissacarídeos contendo nitrogênio e enxofre. Para Dias et al., (2009), utilizando técnicas de infravermelho na caracterização de ácidos húmicos em um Latossolo, verificaram que os ácidos húmicos, quanto a sua natureza química, apresentam grupos aromáticos, -OH fenólicos, -COOH, estruturais alifáticos, carboidratos e impurezas minerais. Silva Neto (2010), estudando a composição química da matéria orgânica do solo determinada por FTIR, observou que os espectros da FTIR a presença de uma banda larga e intensa em 3400 a 3300  $\text{cm}^{-1}$  associada ao estiramento -OH de fenóis, alcoóis e ácidos carboxílicos, além, da presença de picos em 2918 e 2850  $\text{cm}^{-1}$  relativos ao estiramento simétrico e assimétrico de C-H alifático de grupos  $\text{CH}_3$  e  $\text{CH}_2$ , indicando a presença de cadeias alifáticas na matéria orgânica do solo.

#### *2.4 Uso de simuladores computacionais (Century) para estudo da dinâmica de carbono e nitrogênio*

As alterações da matéria orgânica do solo, provenientes das diferentes formas de uso, são essenciais na modificação do carbono e nitrogênio. A compreensão dessa dinâmica é importante para possibilitar o uso de estratégias de manejo que reduzam os efeitos negativos decorrente ao meio ambiente. Neste contexto, os simuladores de ecossistemas tem sido usado para estimar mudanças no carbono orgânico do solo sob diferentes práticas de manejo (LIMA et al., 2013).

Entre as diferentes técnicas de modelagem do carbono, a modelagem dinâmica espacialmente explícita tem se destacado, pois, permite a análise dos estoques de carbono orgânico do solo levando em consideração sua variação no tempo e espaço, a partir da associação de estimativas de modelos dinâmicos com a utilização de técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG (sistema de informação geográfica) (Bordolon et al., 2012). Para Bordolon et al., (2012), essa técnica tem como principal vantagem permitir a análise espacializada da evolução temporal dos estoques de carbono orgânico do solo.

Nos primeiros modelos trabalhados faltavam-lhe as ferramentas e conhecimento sobre o solo como sistema integrado e apenas com os avanços da tecnologia computacional é que ocorreram estudos mais precisos sobre os processos de carbono e suas interações, o que possibilitou o desenvolvimento de modelos de simuladores de sistemas e subsistemas de solos completos e integrados (SHAFFER e MA, 2001, apud, LEITE, 2002).

Atualmente destaca-se o modelo Century para a realização de simulações da matéria orgânica do solo em áreas sob diferentes formas de uso do solo. O Century apresenta vários compartimentos chamados de FILE.100 onde são introduzidas informações sobre as características do solo, manejo e histórico das áreas de estudo (Figura 1). Para a realização da simulação também é incorporado ao modelo as informações referentes as condições climáticas do solo como precipitação e temperaturas máximas e mínimas.

Dentre os modelos utilizados, o Century foi desenvolvido para simular a dinâmica da matéria orgânica em pastagem e posteriormente adaptado para solos de florestas e sob diferentes explorações agrícolas, permitindo, assim, realizar simulações para as mais diversas condições (BORDOLON, et al., 2012; WENDLING et al., 2014). O modelo Century simula com ciclo mensal os estoques de carbono e nitrogênio, além de outros nutrientes com o fósforo e enxofre e da água do solo, além do crescimento vegetal sob diferentes uso e práticas de manejo do solo na camada de 0-20 cm (Weber, 2010).

Os simuladores têm sido utilizados em regiões de clima temperado, no entanto, estudos têm sido conduzidos utilizando modelos, como exemplo o Century, para quantificar os estoques de carbono e nitrogênio em clima (LEITE et al., 2004; LOPES et al., 2008; BORTOLON et al., 2009; TORNQUIST et al., 2009; BORTOLON et al., 2012; WENDLING et al., 2014).

Em estudo realizado na região de Minas Gerais sob um Argissolo Vermelho Amarelo por Leite (2002), verificou-se que os estoques de carbono, nos diferentes sistemas de preparo do solo, quantificados em laboratórios e simulados pelo modelo Century, foram similares, principalmente no sistema de plantio direto, sendo também observados essa aproximação por diversos autores.

Em estudo similar, realizado por Bortolon et al. (2012), foi verificado que lavouras iniciadas entre 1965 e 1975 apresentaram o estoque de carbono orgânico do solo observado de 31,2 Mg ha<sup>-1</sup> (média de duas lavouras) e quando simulado pelo modelo Century, apresentou 34,4 Mg ha<sup>-1</sup>, as lavouras iniciadas entre 1976 e 1987 apresentaram o estoque observado de 37,2 Mg ha<sup>-1</sup> (média de três lavouras) e quando simuladas, o estoque foi de 37,9 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo que os dados estimados pelo modelo Century e os dados observados não diferiram mais de 3,2 Mg ha<sup>-1</sup>, menos de 9% de erro, de carbono orgânico do solo. Resultados semelhantes vêm sendo obtidos por outros autores em estudo em diferentes regiões do Brasil. Em estudos realizados por Wendling et al. (2014), no Cerrado, o modelo Century estimou estoques de carbono semelhantes aos estoques de carbono medidos, sendo suas diferenças, entre os estoques de carbono simulado e medidos, de -0,17, -3,64 e 4,46% para sistema de plantio convencional, plantio direto e plantio com pinus, respectivamente, todos dentro do limite de erro padrão de 20%. Leite et al. (2004), trabalhando em solos de Mata Atlântica, obteve diferenças nos estoques de carbono orgânico total medidos e obtidos pelo modelo Century, entre os tratamentos de 0, 250 e 500 kg ha<sup>-1</sup> de adubos minerais, de 0,05, 4,3 e 4,5%, respectivamente, já para as diferenças nos estoques de nitrogênio total medidos e simulados pelo modelo Century nos tratamentos sem a presença da adubação orgânica mostraram-se restritas ao sistema com 500 kg ha<sup>-1</sup> de adubação mineral com 6%.

Desta forma o modelo Century estima de forma coerente as alterações nos estoques de carbono orgânico do solo, mostrando grande possibilidade para simular a dinâmica do carbono e nitrogênio em solos de clima tropical (LEITE et al., 2004).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYER, C.; MATIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIEKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil Tillage Res.**, 86:237-246, 2006.

BELIZÁRIO, M. H. **Mudanças no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da terra no Sudoeste da Amazônia**. Universidade de São Paulo, 2008. 95p. (Tese de mestrado)

BERNOUX, M.; VOLKOFF, B. Soil carbon stock in soil ecoregions of Latin American. In: LAL, R.; CERRI, C. G.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C. E. P. **Carbon sequestration in soil of Latin America**. New York, Haworth, 2006. p 65-75.

BORTOLON, E. S. O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C. G.; LOPES, F.; FERNANDES, F. F. Simulação de dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando o modelo Century. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:1635-1646, 2008.

BORTOLON, E. S. O.; MILNICZUK, L.; TORNQUIST, C. G.; LOPES, F.; GIASSON, E.; BERGAMASCHI, H. Potencial de uso do modelo Century e SIG para avaliar o impacto da agricultura sobre estoques regionais de carbono orgânico do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:831-849, 2012.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, 46:1459-1466, 1995.

BRUSTAMENTE, 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 soil of Latin America**. New York, Haworth, 2006. p. 285-304.

CARVALHO, J. L. N. **Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no uso e meio ambiente**. Universidade de São Paulo, 2006. 95p. (Tese de mestrado).

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICOLLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil Tillage Res.**, 103:342-349, 2009.

CARVALHO, J. L. N. **Dinâmica do carbono e fluxo de gases de efeito estufa em sistema de integração lavoura-pecuária na Amazônia e no Cerrado**. Universidade de São Paulo, 2010. 141p. (Tese de doutorado).

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

CASTRO, K. B. de.; MARTINS, E. de. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; LOPES, C. A.; PASSO, D. P.; LIMA, L. A. de. S.; CARDOSO, W. dos. S.; CARVALHO JUNIOR, O. B.; GOMES, R. A. T. **Caracterização geomorfológica do município de Luis Eduardo Magalhães, Oeste Baiano, escala 1:100.000**. Planaltina, Empresa Agropecuária Brasileira. 2010, 32p.

CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; SANTOS, D. C. dos. Fracionamento físico da matéria orgânica e índice de manejo de carbono de um Argissolo submetido a sistemas conservacionistas de manejo. **Revista Ciência Rural**, 44:794-800, 2014.

CHEFETZ, B.; HATCHER, P.; HADAR, Y.; CHEN, Y. Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. **J. Environ. Qual**, Madison, 25:776-785, 1996.

DEON, D. S. **Mudanças de uso da terra e impacto na matéria orgânica do solo em dois locais no leste da Amazônia**. Universidade de São Paulo, 2013. 153p. (Tese de doutorado).

DIAS, B. O. de.; SILVA, C. A.; SOARES, E. M. B.; BETTIOL, W.; GUERREIRO, M. C.; BELIZÁRIO, M. Infravermelho na caracterização de ácidos húmicos de Latossolo sob efeito de uso contínuo de lodo de esgoto. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:885-894, 2009.

DON, A. S. J. F. A. Impact of tropical land-use change on soil organic stock – a meta-analysis. **Global Change Biology**. Oxiford, 17:1658-1670, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos e análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A. Estoque de carbono e atributo físico de um Latossolo Vermelho em diferentes sistemas de manejo. **Rev. Bras. Cienc. Agrár**, 8:229-235, 2013.

GERARDI, L. H. O.; LOMBARDO, M. A. (ORG). **Sociedade e natureza na visão geográfica**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia - UNESP; Associação de Geografia Teórica – AGETEO, 2004, 296p.

GREEN, V. S.; STOTT, D. E.; CRUZ, J. C.; CURI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. **Soil Tillage Res.**, 92:114-121, 2007.

GUARESCHI, R.F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoque de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado goiano. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:909-920, 2012.

HICKMANN C.; COSTA, L. M. da. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Agriambi**, 10:1055-1061, 2012.

IBGE. *Sistema IBGE de Recuperação Automática – Sidra*: Pesquisa Agrícola Municipal, 2015. Disponível em <[http:goo.gl/aeK6vz](http://goo.gl/aeK6vz)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

INMET 2010 (online). **INMET Clima: normas climatológicas**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=tmax>

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Cobertura do solo na integração lavoura-pecuária. In: SIMPÓSIO DE GADO DE CORTE, 5., Viçosa, MG, 2006. **Anais...** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. P 81-156.

LAL, R. Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, 22:151-184, 2003.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, 123:1-22, 2004.

LIMA, A.; C. R.; HOOGMOED, W. B.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. Management systems in irrigated rice affect physical and chemical soil properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, 103:92-97, 2008.

LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R. de.; STAPE, J. L.; MENDONÇA, E. S.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. de.; NEVES, J. C. L.; PAUL, K.; SCHULTHAIS, F.; POLGLASE, P.; RAISON, J.; SOARES, E. M. B. Modeling changes in organic carbon stocks for distinct soils in southeastern Brazil after four eucalyptus rotations using the Century model. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:833-847, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura pecuária. **Pesq. Agropec. Bras.**, 46:1269-1276, 2011

LEITE, L. F. C. **Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo modelo Century**. Universidade Federal de Viçosa, 2002. 142p (Tese de doutorado).

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, P. L. O. A.; FERNANDES FILHO, E. I.; NEVES, J. C. L. Simulating trends soil organic carbon f na Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. **Geoderma** 120:283-295, 2004.

LOPES, F.; MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C. G.; OLIVEIRA, E. S. Simulação da dinâmica do carbono do solo numa microbacia rural pelo modelo Century. **Pesq. Agropec. Bras.**, 43:745-753, 2008.

MELO, V. de. F.; ALLEONI, L. R. F (ED). **Química e mineralogia do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2009. 685p.

MILORI, D. M. B. P.; GALETI, H. V. A.; MANTIN-NETO, L.; DIECKOW, J.; GONZALEZ-PEREZ, M.; BAYER, C.; SALTON, J. Organic matter study of whole soil samples using laser-induced fluorescence spectroscopy. **Soil Sci. Soc. Am. J.**,70:57-63, 2006.

MIRANDA, E. E. de.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. de. **Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA**. Campinas. Nota técnica, 2014.

MORAES, L. S. **Diagnóstico de uso e ocupação da bacia do Rio de Ondas: Barreiras/BA**. Universidade Católica de Brasília, 2003. (Dissertação de mestrado).

NORGAARD, A. **Spatial modeling of soil organic carbon by linking Century and Gis. Copenhagen**, University of Copenhagen, 2004, 170p. (Tese de Mestrado).

OORTS, K.; VANLAUWE, B.; MERCEKX, R. Cation exchange capacities of soil organic matter fractions in a Ferri Lixisol with different organic matter inputs. **Agric. Ecosyst. Environ.** 100:161-171, 2003.

PARFITT, T. L.; THENG, B. K. G.; WHITTON, J. S.; SHEPHERD, T. G. Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. **Geoderma**, 75:1-12, 1997.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, J.; TORRES, J. L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 45:508-514, 2010.

PEGORATO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F. de.; BARROS, N. F. de.; FONSECA, S.; DAMBROZ, C. S. Estoque de carbono nas frações da matéria orgânica em Argissolo sob eucalipto e pastagem. **Ci. Fl.**, 21:261-273, 2011.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pecuária em ambiente tropical**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 158p.

SPERA, S. T.; REATTO, A. R.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R. CUNHA, T. J. F. Solos areno-quartzosos no cerrado: características, problemas e limitações ao uso. EMBRAPA CERRADO. n.7. Planaltina, 1999. 48p.

SNYDER, J. D.; TROFYMOW, J. A. A rapid accurate wet oxidations diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. **Comm. Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 15, p. 587-597. 1984.

RESCK, D. V. S.; PEREIRA, J.; SILVA, J. E. Dinâmica da matéria orgânica na região do Cerrado. Planaltina, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 1991. 22p. (Série Documentos, 36).

RESCK, D. V.S.; VASCONCELOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impacto f conversion of Brazilian Cerrados to cropland and pasture land on soil carbon pool and dynamic. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; STEWART, B. A. (ED). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Ration: CRC Press, 2000. P. 169-196.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:713-721, 1998.

ROVIRA, S. P. A.; BRUNETTI, G.; POLO, A.; SENESI, N. Comparative chemical and spectroscopic characterization of humic acids from sewage sludges and sludge-amended soils. **R. Bras. Ci. Solo.**, 167:235-245, 2002.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C.; BROCH, D. L. Teor e dinamica do carbon no solo em sistema de integração lavoura-pecuaria. **Pesq. Agropec. Bras.**, 46:1349-1356, 2011.

SILVA NETO. **Pedogenese e matéria orgânica de solos hidromórficos da região metropolitana de Porto Alegre**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010, 105p. (Tese de Doutorado).

SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C.; MORRIL, T. C. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 5 ed. Rio de Janeiro. ed. Guanabara Koogan, 1994.

SMITH, P.; JANZEN, H.; MARTINO, D.; ZUCONG, Z.; KUMAR, P.; MCCARL, B. A.; OGLE, S.; O'MARA, F.; RICE, C.; SCHOLLES, B.; SIROTENKO, O.; HOWDEN, M.; MCALLISTER, T.; GENXING, P.; ROMANEKOV, V.; SCHNEIDER, U. A.; TOWPRAYOON, S.; WATTENBACH, M; SMITH, J. Greenhouse gas mitigation in agriculture. **Philos. Trans. Royal Soc.** 363:789-813, 2008.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação potássica. In: SOUSA, M. G. de. e LOBATO, E. (ed). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TORNQUIST, C. G.; CASSMAN, P. W.; MIELNICZUK, J.; GIASSON, E.; CAMPBELL, T. Spatially explicit simulations of soil C dynamics in Southern Brazil: Integrating Century and GIS with i-Century. **Geoderma**, 150:404-414, 2009.

WENDLING, B.; JUSCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de. S.; ALMEIDA, R. F.; ALVARENGA, R. C. Simulação dos estoques de carbono e nitrogênio pelo método Century em Latossolos, no Cerrado brasileiro. **Rev. Cienc. Agron.**, 45:238-248, 2014.

## **CAPÍTULO I**

### **ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO EM SOLOS SOB DIFERENTES FORMAS DE USO NO CERRADO**

## RESUMO

COSTA, ADILSON ALVES. **Estoque de carbono e nitrogênio em solos sob diferentes formas de uso no Cerrado**. 2018. 24p. Tese (Doutor em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, PB.

O solo representa um importante componente no ciclo biogeoquímico do carbono, nitrogênio e outros elementos. Contudo, a atividade de mudança do uso do solo nos biomas, como o Cerrado, vem se destacando por provocar alterações na dinâmica dos estoques de carbono e nitrogênio do solo. Objetivou-se, nesta pesquisa, avaliar as mudanças provocadas por diferentes formas de uso do solo sobre os estoques de carbono e nitrogênio em áreas de Cerrado. Foram coletadas amostras de solos em diferentes profundidades, 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm e 40-60 cm e uso: área sob plantio convencional (APC), área sob plantio direto (APD), área sob plantio de pastagem (APA), área sob plantio de eucalipto (AEU) e área sob vegetação nativa de cerrado (ACN) na região de Luís Eduardo Magalhães-BA. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo. Por meio das análises nas amostras de solo foram determinados os teores de C e N com a finalidade de quantificar seus estoques. Os dados foram submetidos a análise de variância com posterior teste de médias. Também foi realizado a análise de multivariada por componentes principais. Os maiores teores de C foram encontrados para área de plantio direto na camada superficial até 10 cm, semelhante estatisticamente a área sob vegetação nativa de Cerrado, porém, houve decréscimo em seus teores ao longo das profundidades avaliadas. Áreas sob plantio convencional obtiveram valores menores de estoque de C na camada superficial (0-5 cm) e abaixo de 20 cm. Entre estas, os estoques de C foram significativamente inferiores em comparação à utilização de pastagem e eucalipto na profundidade de até 40 cm. Considerando a profundidade de 0-60 cm, o maior estoque de C foi encontrado nas áreas sob vegetação nativa com  $62,81 \text{ Mg ha}^{-1}$ , seguida pela área sob cultivo de eucalipto com  $60,70 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Os menores estoques foram encontrados nas áreas sob uso convencional, com  $44,87 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Nesta profundidade obteve-se a seguinte sequência para os valores de estoque de C: ACN>EUC>APD>APA>APC. O plantio convencional reduziu os estoques de N em até 61% quando comparada com a área sob vegetação nativa de Cerrado e em até 56% em relação ao cultivo de eucalipto, ambas na profundidade de até 10 cm. Portanto, práticas de uso do solo como eucalipto e plantio direto contribuem para armazenar carbono e nitrogênio ao longo do tempo.

Palavras chave: eucalipto, pastagem, plantio direto

## ABSTRACT

COSTA, ADILSON ALVES. **Carbon stock and nitrogen in soils under different forms of use in the Cerrado.** 2018. 24.p. Thesis (doctor in soil science) - Federal University of Paraíba, PB.

The soil is an important component in the biogeochemical cycling of carbon, nitrogen and other elements. However, the change of activity of land use in biomes like Cerrado, has been highlighted by the negative impact on the dynamics of carbon stocks and soil nitrogen. The objective of this study was to evaluate the changes caused by different types of land use on the carbon and nitrogen stocks in areas of Cerrado. Soil samples were collected at different depths, 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-60 cm and use: area under conventional tillage (ACT) area under no tillage (ANT), grazing area under cultivation (APA), eucalyptus area under cultivation (AEU) and area under native vegetation Cerrado (NV) the municipality of Luis Eduardo Magalhães, Western Bahia. The soil was classified as Oxisol, sandy texture and low in organic matter. Through the analysis of soil samples were determined by the contents of C and N in order to quantify their inventories. Data were subjected to ANOVA with post test medium. It was also performed a multivariate analysis by principal components. The C values were found for tillage area in the surface layer up to 10 cm, statistically similar area under native vegetation cerrado, however, there was a decrease in their levels throughout the measured depths. Similar results were observed for the C stock, so only at a depth of 0-5 cm. Areas under cultivation using conventional stock had lower values C in the surface layer (0-5 cm) and less than 20 cm. Among these, C stocks were significantly lower compared to the use of grass and eucalyptus in depth up to 40 cm. Considering the depth of 0-60 cm, the highest stock C was found in areas under native vegetation with  $62.81 \text{ Mg ha}^{-1}$ , followed by the area under cultivation with eucalyptus  $60.70 \text{ t ha}^{-1}$ . The stocks were found in smaller areas under conventional use,  $44.87 \text{ t ha}^{-1}$ . At this depth gave the following sequence for inventory values C: ACN> AEU> APD> APA> APC. The lower values for the stock of NT were observed in conventional area under cultivation with a reduction of 61% and 56% in the surface depth of 5 cm and 59% and 56% at the depth of 5-10 cm, compared vegetation areas under native Cerrado and eucalyptus cultivation, respectively. Therefore, land use practices such as eucalyptus and no-tillage contribute to the storage of carbon and nitrogen over time.

Keywords: eucalyptus, pasture, no tillage

## 1. INTRODUÇÃO

A mudança do uso da terra, proveniente da ação antrópica, tem como efeito de alterar a dinâmica da matéria orgânica, estoques de carbono e de nitrogênio contidos no solo quando submetidos à conversão de áreas nativas para sistemas agrícolas (Frazão et al., 2010). Conforme o uso do solo adotado, o equilíbrio na dinâmica do carbono e nitrogênio é quebrado, podendo aumentar ou diminuir em relação ao sistema natural e consequentemente modificar a qualidade da matéria orgânica do solo. Neste contexto, pode-se afirmar que a degradação dos solos, resulta principalmente das atividades humanas e variações climáticas.

O uso intensivo do solo associado a práticas inadequadas tem causado sua degradação e a diminuição da produtividade agropecuária (Guareschi et al., 2014; Costa et al., 2015).

A matéria orgânica do solo (MOS) é um componente de extrema importância na avaliação da qualidade do solo (Conceição et al., 2005; Shukla et al., 2006), melhorando suas funções como infiltração e retenção de água, aumento da CTC, estoque e ciclagem de nutriente (Balota et al., 2004; Vieira et al., 2009; Mendonça et al., 2013). Ademais, os resíduos da matéria orgânica proporcionam inúmeros benefícios ao sistema solo-planta, sendo essencial na agricultura de baixo carbono (Costa et al., 2014). Práticas como plantio convencional compactam o solo, deixando-o descoberto e aumentam a degradação da matéria orgânica, reduzindo seus teores, ocasionando perdas por erosão (Guareschi et al., 2012).

Diante deste cenário, as adoções de medidas conservacionistas de manejo e uso do solo promovem maior conservação do solo a exemplo do plantio direto que promovem maior qualidade do solo devido ao não revolvimento do solo, da proteção física e manutenção da matéria orgânica, interferindo também diretamente nos estoques de carbono e nitrogênio das frações da MO (Sisti et al., 2004; Winck et al., 2015). Estudos têm destacado o efeito benéfico de plantas de cobertura do plantio direto nas propriedades edáficas do solo. Pereira et al., (2010) destacam aumento do carbono orgânico total de até 15% na profundidade de até 25 cm em sistema de plantio direto, quando comparado a sistema convencional. Resultados semelhantes também foram encontrados por Matias et al. (2009), em que os autores verificaram aumento nos teores de carbono em áreas de plantio direto em relação ao cerrado nativo em um Latossolo, na região do PI. Da mesma forma Guareschi et al., (2014), estudando o C no solo de diferentes implantações do plantio direto no cerrado Goiano em um Latossolo Vermelho distroférrico no município de Montividiu,

GO, constataram aumento de carbono na profundidade de até 5 cm e nitrogênio na profundidade de até 10 cm em áreas sob plantio direto.

A substituição do cerrado por pastagem também leva a diferentes mudanças na qualidade da matéria orgânica e, conseqüentemente, nos estoques de carbono e nitrogênio. Trabalhos tem demonstrado decréscimo dos estoques de C no solo com a implantação de pastagem (Dortzbach et al., 2015). Porém, ainda existem discordâncias entre dados observados, pois, Guo e Gifford (2002), trabalhando com dados da literatura relacionando estoque de carbono e mudanças de uso da terra, verificam aumento de até 8% de C em áreas convertidas de florestas para pastagem. Para muitos autores, os baixos estoques de carbono em área sob pastagem estar relacionado ao manejo inadequado adotado nessas áreas (Roscoe et al., 2000; Salimon et al., 2007; Dortzbach et al., 2015). Resultados de pesquisas também tem demonstrado que solos sob plantações de eucaliptos podem aumentar o C e N estocado quando bem manejadas (Madeira et al., 2002; Tchienkoua e Zeach, 2004).

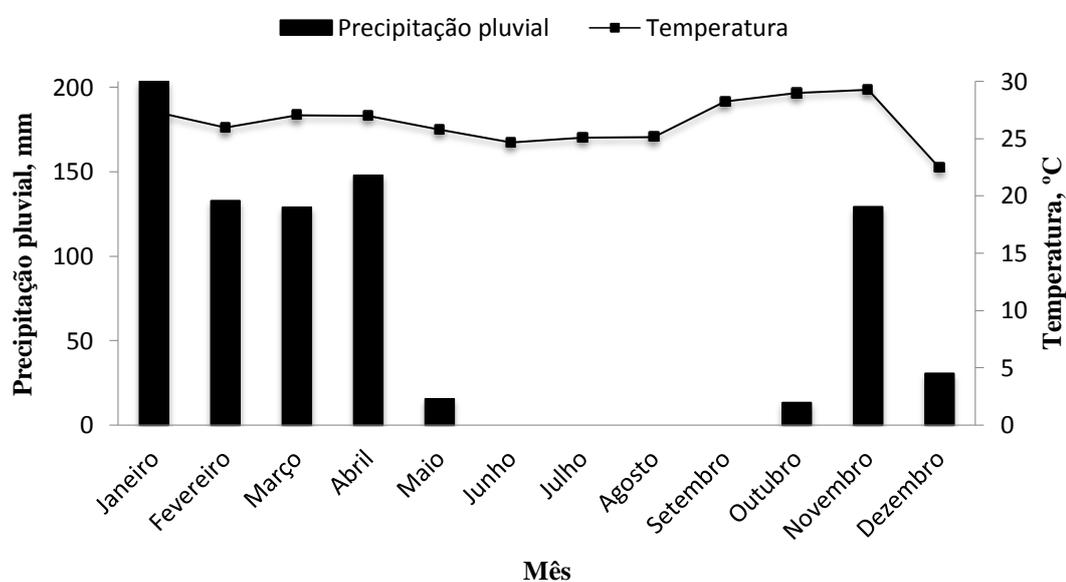
Objetivou-se avaliar as alterações provocadas por cinco formas de uso do solo sobre os estoques de carbono e nitrogênio em áreas sob vegetação nativa de Cerrado.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização da Área de Estudo

A pesquisa foi conduzida em lavouras comerciais localizadas em propriedades no município de Luís Eduardo Magalhães, extremo oeste da Bahia, entre as coordenadas 11° 51' 8" e 12° 33' 50" de latitude Sul e 45° 37' 50" e 46° 23' 35" de longitude Oeste, com altitude média de 763 m.

A precipitação pluvial anual média da região é superior a 1.500 mm, com clima do tipo Aw, quente e seco, segundo Koppen e Geiger, com período chuvoso entre outubro a março, com temperatura média de 22° a 30° C. Os valores médios da precipitação pluvial e temperatura para o ano agrícola 2015, época das coletas das amostras de solos, são apresentados na figura 1.1.



**Figura 1.1.** Precipitação pluvial e temperatura média mensal do município de Luís Eduardo Magalhães, área de estudo, do ano agrícola de 2015.

Nas áreas de estudo predominam Latossolo Amarelo, profundos e bem drenados com relevo plano (Embrapa, 2006).

## 2.2 Histórico das Áreas de Estudo

Foram estudadas cinco áreas com diferentes formas de uso: área sob plantio convencional, área sob pastagem, área sob plantio direto, área com plantação de eucalipto e área de cerrado nativo *sensu stricto*.

Área sob plantio convencional: Localizada na fazenda Busado, altitude 769 m, cujas coordenadas sul 12°54'815" e coordenadas oeste 45°29'873". Área sob forma de uso com sistema convencional. Preparo do solo realizado com aração e gradagem. Controle de ervas daninha realizado com aplicação de herbicidas pré-emergentes. As adubações, calagem e gessagem foram feitas de acordo com análise de solo e recomendações para o Cerrado, segundo Sousa e Lobato (2004). Nas três últimas safras foram cultivadas: milho (anos 12/13); soja (anos 13/14); algodão (anos 13/14). Área de 105 ha. A Adubação na última safra foi de 354 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, 204 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, e 350 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio.

Área sob plantio de pastagem: Localizada na fazenda Strassburgues, tamanho da área 300 há, altitude de 786 m, cujas coordenadas foram sul 12°14'22" e oeste 45°49'773". Área sob forma de uso com pastagem braquiária brizanta. Sendo que nas últimas culturas foram: feijão (ano 12/13), pastagem (ano 13/14) e pastagem (14/15). Antes da cultura do feijão foram cultivados soja e milho (anos 11/12 e 10/11, respectivamente). Na adubação da pastagem aplicou-se 100 kg de ureia, 350 kg de superfosfato simples e 100 kg de cloreto de potássio. A pastagem foi plantada em linha com espaçamento de 0,45 m (mas, recomendado é de 0,70 m). A produção foi de 14 toneladas de massa seca.

Área sob plantio direto: Localizada na fazenda Bela Vista, altitude de 848 m, coordenadas sul 12°01'333" e oeste 46°09'332". Uso do solo sob plantio direto sem revolvimento e implantado deste o ano agrícola de 2010/2011, com cultivos de algodão (ano de 12/13), milho (ano de 13/14) e soja (ano de 14/15). A adubação e calagem foram feitas de acordo com recomendações para cerrado (Sousa e Lobato, 2004).

Área sob plantio de eucalipto: Localizada na fazenda Palmeiras I, na altitude de 809 m e coordenadas sul 12°21'446" e oeste 45°56'212".. Forma de uso do solo com plantação de eucalipto deste 2006/2007. Antes foi dois anos com soja. A adubação para o eucalipto foi de (200 kg dividido 100 no primeiro mês e 100 no terceiro mês de ureia) 200 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples.

Área sob Cerrado nativo sensu stricto: Localizada na fazenda Palmeiras I, altitude de 813 m e coordenadas sul de 12°01'386" e oeste 46°09'180". Vegetação nativa de cerrado, sem histórico sob qualquer exploração ou interferência humana.

### 2.3 Caracterização Química e Física das Áreas de estudo

Em cada área de estudo foram coletadas amostras deformadas na profundidade de 0-20 cm, com auxílio de um trado, as quais foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As amostragens foram consideradas representativas em função da homogeneidade das áreas. Após o preparo das amostras deformadas (TFSA), foi realizada a caracterização química e análise granulométrica (Embrapa, 1997) (Tabela 1.1 e 1.2).

**Tabela 1.1.** Caracterização química e matéria orgânica das áreas de estudo submetida a diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0-20 cm

Uso do solo	Atributos químicos								M.O.
	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	V	
	(H <sub>2</sub> O)	-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			---mg kg <sup>-1</sup> ---			%	dag kg <sup>-1</sup>
APC	6,3	2,7	0,7	0,0	1,3	48,8	54,6	73,1	1,7
APA	6,2	2,6	0,7	0,0	1,5	55,6	35,8	69,3	1,6
APD	6,1	2,5	0,7	0,0	1,6	36,9	31,2	67,2	2,0
EUC	5,4	2,3	0,6	0,0	1,7	10,8	15,6	63,3	1,8
ACN	5,1	1,2	0,4	0,4	3,2	7,6	10,9	33,7	1,7

APC: área de plantio convencional; APA: área sob plantação de pastagem; APD: área sob plantio direto; EUC: área sob plantação de eucalipto; ACN: área de cerrado nativo.

**Tabela 1.2.** Caracterização física das áreas de estudo submetida a diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0-20 cm

Uso do solo	Granulometria			Classificação textural	Densidade do solo
	Areia	Silte	Argila		
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				g cm <sup>-3</sup>
APC	760	30	210	Franco-argiloarenosa	1,28
APA	749	32	219	Franco-argiloarenosa	1,30
APD	714	43	243	Franco-argiloarenosa	1,23
EUC	716	40	244	Franco-argiloarenosa	1,10
ACN	714	41	245	Franco-argiloarenosa	1,08

APC: área de plantio convencional; APA: área sob plantação de pastagem; APD: área sob plantio direto; EUC: área sob plantação de eucalipto; ACN: área de cerrado nativo.

#### 2.4 Amostragem de Solo

Em cada área, foi selecionada uma parcela de 1 ha (100 x 100 m) e, em cada uma foram demarcados 25 pontos, distanciando 25 m cada. Foram abertas cinco trincheiras de aproximadamente 1,0 m de comprimento por 1 m de largura e 0,6 m de profundidade escolhido aleatoriamente entre os 25 pontos. Em cada uma das trincheiras, das diferentes áreas, foi realizada a coleta de amostras indeformadas, com auxílio de um anel volumétrico (Embrapa, 2017), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-40 e 40-60 cm para a determinação da densidade do solo. Nas mesmas profundidades foram coletadas amostras deformadas, com auxílio de um trado, as quais foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

#### 2.5 Determinação dos teores de COT, NT e relação C/N

Os teores de C orgânico foram quantificados pela oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico e o N total determinado pelo Kjeldahl por destilação a vapor, ambas seguindo método da Embrapa (2017). A relação C/N foi calculada a partir da divisão dos valores de COT pelos de NT.

#### 2.6 Determinação dos estoques de C e N

Os estoques de C e N foram obtidos pela correção da massa do solo utilizando-se a camada e a massa equivalente do solo através da massa do solo de referência. Para o cálculo da massa equivalente, considerou-se a massa relativa do solo nas diferentes formas de uso pela seguinte expressão:  $M_{\text{solo}} = d_s \times E \times A$ , sendo:  $M_{\text{solo}}$  = massa do solo, expresso em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ;  $d_s$  = densidade do solo, expresso em  $\text{Mg m}^{-3}$ ;  $E$  = espessura, expresso em m;  $A$  = área,  $10.000 \text{ m}^2$ . Após a definição da massa do solo, considerou-se a área de cerrado nativo (ACN) como área de referência. Em seguida foi calculado as camadas de solo a serem adicionadas ou subtraídas com o objetivo de igualizar as massas de solo dos tratamentos. Para o cálculo das camadas a serem adicionadas ou subtraídas, utilizou-se a seguinte expressão:  $E_{\text{ad/sub}} = (M_{\text{ref}} - M_{\text{area}}) \times f_{\text{ha}}/d_s$ , sendo:  $E_{\text{ad/sub}}$  = espessura do solo da camada a ser adicionada (+) ou subtraída (-), expresso em m;  $M_{\text{ref}}$  = massa equivalente do solo da área de referência, ACN, expresso em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ;  $M_{\text{area}}$  = massa equivalente do solo da área, expresso em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ;  $f_{\text{ha}}$  = fator de conversão de ha para  $\text{m}^2$  ( $0,0001 \text{ ha m}^{-2}$ );  $d_s$  = densidade do solo, expresso em  $\text{Mg m}^{-3}$ . Os estoques de C e

N em massa equivalente foram obtidos pela seguinte expressão:  $Est = cc \times ds \times (E \pm E_{ad/sub}) \times A \times F_{kg}$ , sendo: Est = estoque de C ou N por unidade de área em camada equivalente, expresso em  $Mg\ ha^{-1}$ ; cc = concentração de C ou N, expresso em  $g\ kg^{-1}$ ; ds = densidade do solo, expresso em  $Mg\ m^{-3}$ ; E = espessura do solo da camada estudada, expresso em m;  $E_{ad/sub}$  = espessura do solo da camada a ser adicionada (+) ou subtraída (-), expresso em m; A = área, considerando 1 ha, ou seja,  $10.000\ m^2$ ;  $F_{kg}$  = fator de conversão de kg para Mg ( $0,001\ Mg\ ha^{-1}$ ).

### *2.7 Delineamento Experimental e Análise Estatística*

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco pseudo repetições. Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Como análise complementar, foi utilizada a técnica multivariada, sendo os dados expressos a unidade de medidas diferentes, padronizadas de média 0 e variância 1 para assegurar a contribuição de forma igual das variáveis. Para identificar a similaridade das áreas sob diferentes formas de uso do solo utilizou-se a análise de componentes principais. Com a intenção de reduzir o número de variáveis foi feito o estudo de componentes, sendo que os critérios utilizados para a escolha do número de fatores foram aqueles que apresentaram autovalores acima de 1,00, com variância acumulada acima de 70%. Para análise utilizou-se o SAS (University Cody, 2015).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Concentração de carbono orgânico, nitrogênio total e relação C:N

Nas áreas estudadas, verifica-se que o cultivo do plantio direto resultou em diferença significativa nos teores totais de C na profundidade superficial de até 5 cm, em comparação ao cultivo convencional, pastagem e eucalipto (Figura 1.2). Isso, dar-se, devido à ausência de operações de cultivo no plantio direto, resultando numa menor taxa de decomposição/mineralização e, conseqüentemente, manutenção e acúmulo da matéria orgânica do solo (MOS), além de que, esta forma de uso garante o fluxo contínuo de substrato e energia para os organismos do solo (Roscoe, 2005), provenientes da rotação de cultivo e cobertura do solo. Contudo, verifica-se que o plantio direto não aumentou significativamente os teores de C nas profundidades abaixo de 10 cm em relação a área sob cultivo de eucalipto e vegetação nativa de Cerrado, sendo os baixos teores de C associado ao pequeno tempo de adoção do plantio direto (que foi de apenas 4 anos), pois, o acúmulo de carbono ocorre lentamente, levando mais de 10 anos para se tornar expressivo (Carvalho et al., 2009; Guareschi et al., 2014). Dieckow et al., (2009) também verificaram redução para as concentrações de C nas profundidades estudadas para plantio direto em áreas sob Cerrado. Independentemente da profundidade estudada, área sob plantio convencional apresentou os menores valores de C, correspondente a 10,4%, 19,08% e 21,8% em relação a área sob cultivo de pastagem, eucalipto e vegetação nativa de Cerrado, respectivamente (Figura 1.2a). Trabalhos realizados por Tesfaye et al., (2016), em solos da África Central, demonstram perda de até 26,4% de C quando substituem área sob vegetação nativa por áreas sob plantações.

O cultivo do eucalipto aumentou os teores de C na profundidade abaixo de 10 cm em relação as demais formas de uso do solo, porém, não diferiu da área sob vegetação nativa. Este resultado está associado ao longo ano de implantação de 9 anos e a um maior aporte de resíduos vegetais.

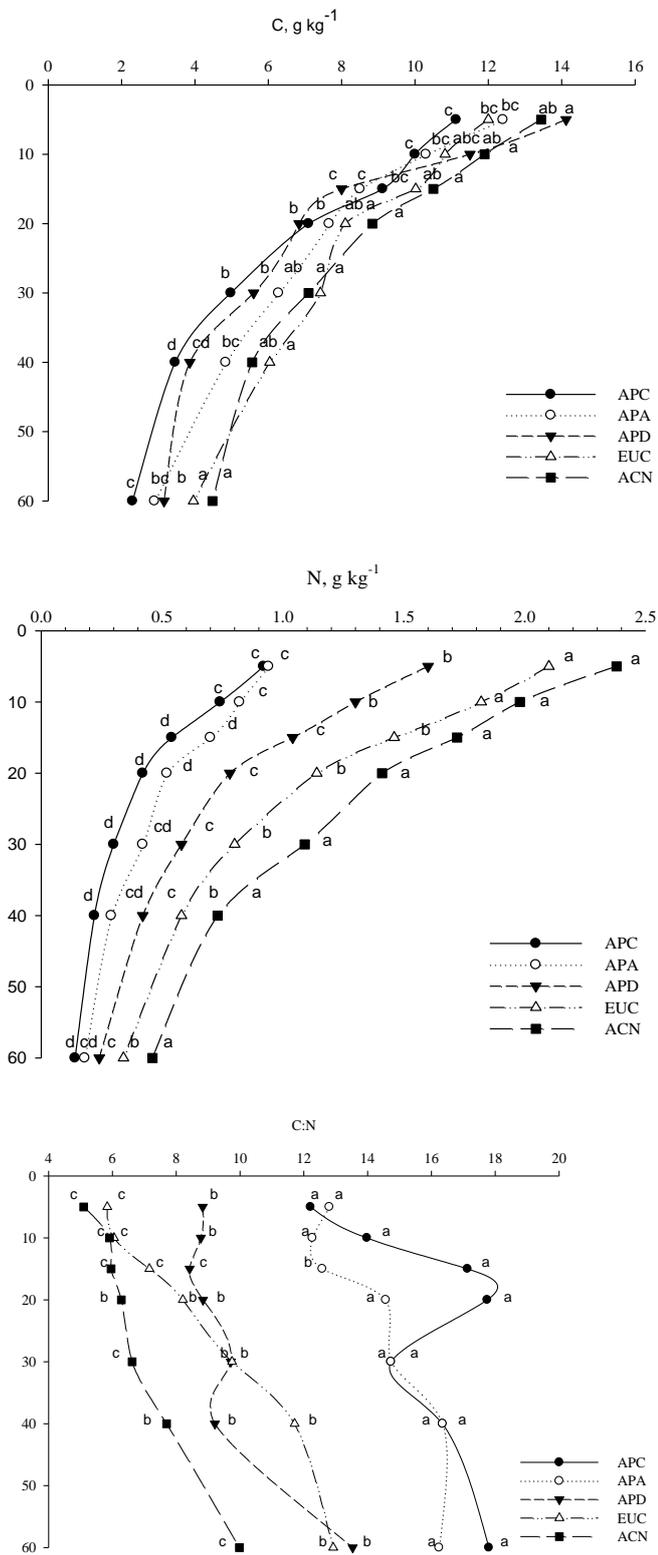
Quanto aos resultados de N total, observa-se que o cultivo de plantio direto apresentou valores menores em relação as áreas sob eucalipto e vegetação de Cerrado nativo e valores maiores que os cultivo de pastagem e plantio convencional até 20 cm.

Ainda observa-se que houve diferenças significativas entre a área sob cultivo de eucalipto e demais formas de uso do solo, pastagem, plantio direto e convencional em todas as profundidades, e que, o cultivo de pastagem e plantio convencional apresentaram os menores valores de N, em relação as demais formas de uso do solo (Figura 1.2), devido

ao uso intensivo do solo com práticas de revolvimento que expõe a matéria orgânica a ação microbiana, acelerando os processos de mineralização e consequentemente, perdas de N. A redução do N nas áreas de pastagem pode também ser atribuído a composição química da liteira e sua taxa de mineralização, pois, as gramíneas tropicais, de forma geral, possuem elevada eficiência de utilização de nutrientes e, portanto, podem produzir liteiras com baixos teores de nutrientes como o N, principalmente quando plantadas em solos distróficos como o Cerrado (Soares, 2009).

O aumento de N no cultivo do eucalipto pode estar associado a uma maior produção de litter na superfície, pois, plantios de eucalipto cultivados em solos com textura mais arenosa, que é o caso desta área estudada, são mais susceptíveis a situações de estresse decorrente da falta de água em alguns períodos do ano (Zinn et al., 2002).

A menor relação C/N foi encontrada para áreas sob cultivo de eucalipto (aproximadamente 6) na profundidade de até 10 cm, em relação ao plantio direto, pastagem e plantio convencional, contribuindo, assim, para um aumento dos teores de N nesta área, logo não diferiu da área sob vegetação nativa de Cerrado, porém diferiu das demais formas de uso do solo. Observa-se também em todas as profundidades que o plantio convencional e cultivo de pastagem não diferiram entre si, apresentando relação C/N maior que as demais formas de uso do solo (Figura 1.2c). Diante disso, percebe-se que as maiores perdas de N são provenientes das menores relações C/N, decorrentes do revolvimento do solo e as altas taxas de mineralização do N, resultando, assim, menores aportes deste nessas formas de uso do solo. De forma geral, observa-se que a baixa relação C/N indica claramente a disponibilidade de N nas áreas sob plantio de eucalipto e plantio direto



**Figura 1.2:** Teor de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C:N em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.2 *Estoque de Carbono e Nitrogênio*

O cultivo sob plantio direto apresentou maiores estoques de COT em relação a área sob plantio convencional até 5 cm de profundidade (figura 1.3) com valores de 8,7 Mg ha<sup>-1</sup> e 6,5 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os maiores valores de estoque de COT na superfície do solo é concordante com o fato da maior deposição de resíduos na superfície do solo (Dortzbach et al., 2015) provenientes da rotação de culturas e pela ausência ou menor revolvimento do solo, que tendem a armazenar mais CO. Além disso, para os mesmos autores, as áreas submetidas à utilização de práticas conservacionistas tendem a aumentar os estoques de CO devido a uma maior proteção física dos compostos orgânicos contra a decomposição microbiana, conseqüentemente, maior oclusão do CO nos agregados do solo e proteção química dos compostos orgânicos através da interação desses compostos com os minerais e cátions dos solos.

A área sob utilização de plantio convencional apresentou os menores estoques de COT na camada superficial (0-5 cm) com reduções de até 18% e abaixo de 20 cm (20-30, 30-40 e 40-60 cm) com decréscimo de até 43%, quando comparada a área sob eucalipto e vegetação nativa de Cerrado. É provável que o uso de práticas com aração e gradagem contribua para a ocorrência desse efeito.

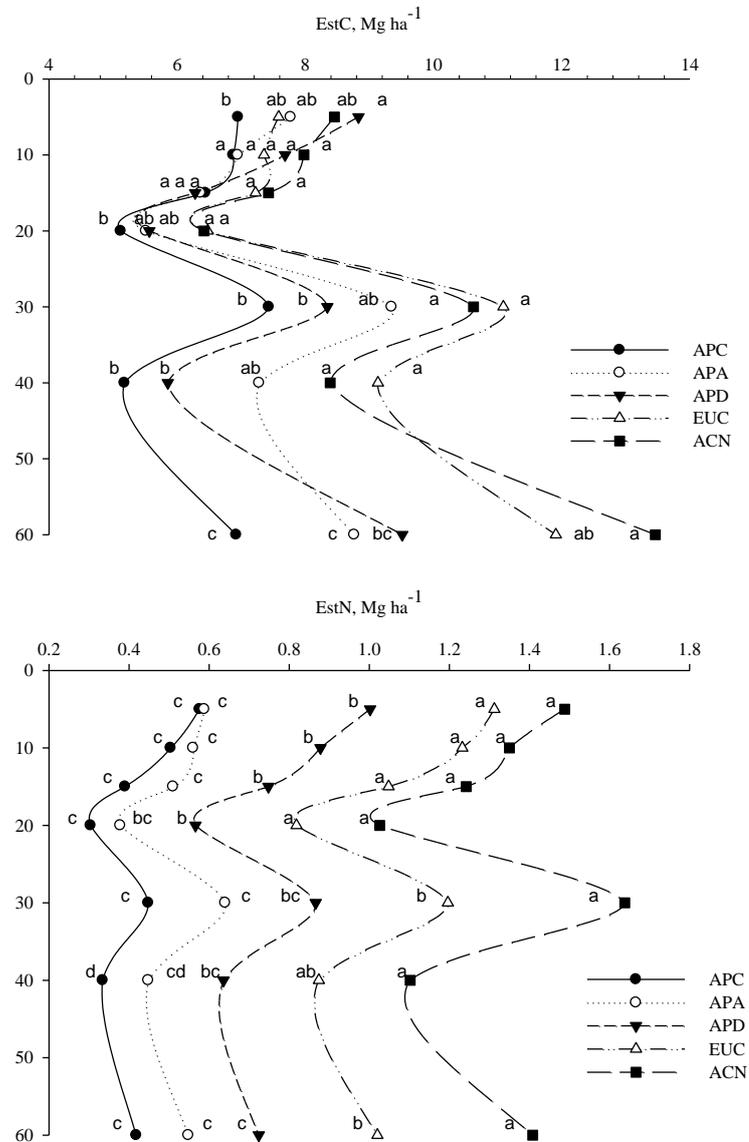
Analisando os dados é possível observar que o cultivo da pastagem não incrementou estoque de COT na camada até 40 cm em relação as demais formas de uso do solo, significativamente que seus valores foram menores abaixo desta profundidade em comparação ao cultivo de eucalipto e cerrado nativo. Estes resultados podem ser atribuídos ao sistema radicular das pastagens, pois, em geral, 46% das raízes estão na profundidade superficial do solo de até 10 cm (Rangel & Silva, 2010). O aumento ou as reduções dos estoques de COT em áreas sob pastagem podem também ser resultados do manejo aplicado as forrageiras, o que pode ser constatado nesta área de estudo.

Em áreas cultivadas com eucalipto, os estoques de COT foram maiores em relação as áreas sob plantio direto e convencional nas profundidades abaixo de 20 cm. A maior parte (cerca de 53%) desse estoque de COT está concentrado na profundidade abaixo de 20 cm.

Ainda comparando as formas de uso do solo entre si, pode-se observar que o cultivo de plantio direto reduz até 33% do estoque de COT na profundidade abaixo de 20 cm em comparação ao cultivo do eucalipto e a vegetação nativa de Cerrado e o cultivo da pastagem reduz, na profundidade abaixo de 40 cm, no mínimo 25% do estoque de COT em

relação as áreas de eucalipto e Cerrado nativo. Já para a área sob reflorestamento com eucalipto, verificou-se aumento nos estoques de COT de 35% e 43% quando comparadas as áreas sob plantio direto e convencional, respectivamente, na profundidade abaixo de 30 cm. Observa-se que para a profundidade de 40-60 cm os maiores estoques de COT são atribuídos a área sob vegetação de Cerrado nativo e cultivo de eucalipto com valores em torno de 13,45 e 11,90 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Maquele et al., (2008), estudando a influência do uso de terra nos estoques de COT e NT encontraram resultados onde o uso da silvicultura (eucalipto) apresentou acréscimo de até 25% nos estoques de C em relação a área de cerrado na camada de até 30 cm.

Em geral, houve alterações significativas nos estoques de NT do solo independentemente das profundidades estudadas (Figura 1.4b). Áreas sob vegetação nativa e cultivo de eucalipto não diferiram entre até a profundidade de 20 cm e apresentaram maiores valores de estoque de NT em relação as demais formas de uso do solo. A serapilheira formada nas áreas de cultivo de eucalipto ao longo dos anos associado a ausência de revolvimento do solo, características também das áreas de vegetação nativa de Cerrado, são importantes na manutenção e formação da matéria orgânica do solo. Já as intensas práticas de preparo do solo, encontradas principalmente nas áreas sob plantio convencional, aceleram os processos de volatilização e lixiviação do nitrogênio, reduzindo, assim, seus estoques.



**Figura 1.3:** Estoque de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado. Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando a profundidade de até 60 cm, observa-se que o cultivo do eucalipto aumentou significativamente os estoques de C e N no solo, em relação as áreas sob plantio convencional, pastagem e direto (Tabela 1.3). Em relação ao estoque de C, verifica-se acréscimo de 26%, 14% e 13% quando comparada ao plantio convencional, pastagem e direto, respectivamente. Para o N, houve acréscimo na proporção de 60%, 51% e 27% em relação as mesmas áreas. Os maiores estoques observados na profundidade de até 60 cm na área sob cultivo de eucalipto resultam da contribuição dos resíduos aportados na superfície e pelas raízes da cultura. Além, da contribuição da ciclagem, exsudação radicular e a pouca interferência antrópica durante os 9 anos de cultivo. Nesta profundidade obteve-se a seguinte sequência para os valores de estoque de CO: ACN>EUC>APD>APA>APC.

Resultados semelhantes são encontrados em alguns trabalhos que verificam a contribuição das raízes no aporte do C (Rasse et al., 2005; Pegoraro, 2007; Soares, 2009). Rasse et al., (2005) verificaram que as raízes contribuíram com 40% do C aportado enquanto que a parte aérea com apenas 20%. Apesar de apresentar maiores estoques de N na área sob cultivo de eucalipto, pode-se destacar alguns fatores limitantes no seu cultivo para o Cerrado, principalmente no aspecto ecológico, pois, para alguns autores, a cultura não contribui para a melhoria da fertilidade do solo ou afetam negativamente na germinação de várias espécies, principalmente gramíneas devido aos efeitos alelopáticos causados pela cultura. Pois, várias espécies de eucalipto podem produzir substâncias alelopáticas que são capazes de interferir na atividade microbiana do solo (Andrade et al., 2001), afetando a taxa de decomposição e mineralização da MOS.

**Tabela 1.3.** Estoque de carbono e nitrogênio em áreas sob diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0- 60 cm no Cerrado.

Uso do solo <sup>1</sup>	Estoques	
	C	N
	---Mg ha <sup>-1</sup> ---	
APC	44,92±1,70b	2,98±1,40c
APA	51,98±1,40b	3,67±0,34bc
APD	52,99±2,70b	5,42±0,07b
AEU	60,77±2,40a	7,50±0,68a
ACN	62,75±3,2a	9,25±0,43a

<sup>1</sup>APC = área sob plantio convencional; APA = área sob pastagem; APD = área sob plantio direto; AEU = área sob plantio de eucalipto; ACN = área sob vegetação nativa de Cerrado. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores ± representam o erro padrão da média.

### 3.3 Análise dos Componentes Principais

Os componentes principais (CP) que explicaram a variabilidade das variáveis foram capazes de discriminar as formas de uso do solo com suas respectivas profundidades (Tabela 1.4), sendo considerado os mais importantes aqueles com autovalores superiores à unidade (Vicini, 2005). Observa-se que, por esse critério, os componentes principais 1, 2 e 3 são os que explicam 40,5, 26,6 e 13,8% da variância total, respectivamente, o que acumula 80,9% da variância total dos dados, o que, de acordo com Cruz e Regazzi (1994), é satisfatório para avaliar por meio de dispersão gráfica.

**Tabela 1.4.** Autovalores e porcentagem da variância explicativa por cada componente principal (CP) para as variáveis analisadas em Latossolo Amarelo de áreas sob diferentes formas de uso no Cerrado.

CP	Autovalores	Variabilidade explicada	Variabilidade explicada acumulada
		-----%-----	
1	4,867	40,56	40,56
2	3,186	26,56	67,12
3	1,656	13,80	80,92

A correlação das variáveis analisadas nas formas de uso do solo pode ser observada na tabela 1.5. O primeiro componente principal (CP1) evidencia que, do conjunto das variáveis do solo, a maior influência foi dos teores de carbono e nitrogênio, matéria orgânica leve, densidade do solo e estoque de nitrogênio, o que apresentaram os mais altos coeficientes, mostrando, assim, que as formas de uso com seus respectivos manejos, altera os diversos atributos do solo. Quando à correlação entre as variáveis observa-se que a matéria orgânica leve se deu de modo inverso apenas para a densidade do solo, não ocorrendo o mesmo para teores de carbono, nitrogênio e estoque de nitrogênio, ou seja, com a manutenção da matéria orgânica do solo ocorre aumentos dessas variáveis, exceto para a densidade do solo. Os efeitos da matéria orgânica em reduzir a densidade do solo pode ser observado em diversas pesquisas (Melo et al., 2008; Amaro Filho et al., 2008; Mota et al., 2015).

O segundo componente principal (CP2) evidencia, através dos coeficientes, as variáveis teor de carbono, matéria orgânica leve, areia, argila e estoques de carbono e nitrogênio. Quanto à correlação, observa-se que a argila causou aumento dos estoques de carbono e nitrogênio. É importante destacar que o comportamento entre ambas variáveis está relacionado à maior proteção física (pela formação de barreiras, reduzindo o contato direto do microrganismo com a matéria orgânica do solo e redução do fluxo de oxigênio no ambiente) e química (Ca, Mg e outros) ocasionado pela argila, o que não ocorre na fração areia.

O terceiro componente principal (CP3), demonstra um contraste da porosidade total com a fração argila e deste com a fração silte. A correlação inversa entre a fração silte e argila pode ser entendida através da pedogênese, onde o intemperismo físico e químico atua nas frações maiores, no caso silte, originando as menores, argila (Mota et al., 2015).

Já a porosidade total pode estar sendo afetada por outros processos, como exemplo a compactação do solo.

**Tabela 1.5.** Correlação das variáveis analisadas em um Latossolo Amarelo de áreas sob diferentes formas de uso do solo com os componentes principais (CP1, CP2 e CP3).

Variáveis	CP1	CP2	CP3
Carb	-0.39*	0.29*	-0.02
Nit	-0.46*	0.04	-0.12
MOL	-0.28*	0.30*	0.12
Ds	0.43*	0.20	0.09
Pt	0.09	0.02	-0.43*
Areia	-0.16	0.50*	0.21
Silte	0.13	-0.11	-0.60*
Argila	0.02	-0.41*	0.46*
EstC	-0.08	-0.42*	0.17
EstN	-0.36*	-0.34*	-0.02

\* Autovalores de maior representatividade para os componentes principais (CP1, CP2, CP3).

A distribuição espacial das variáveis analisadas das formas de uso do solo e suas profundidades está na figura 1.4, representados por vetores, onde formou-se cinco grupos.

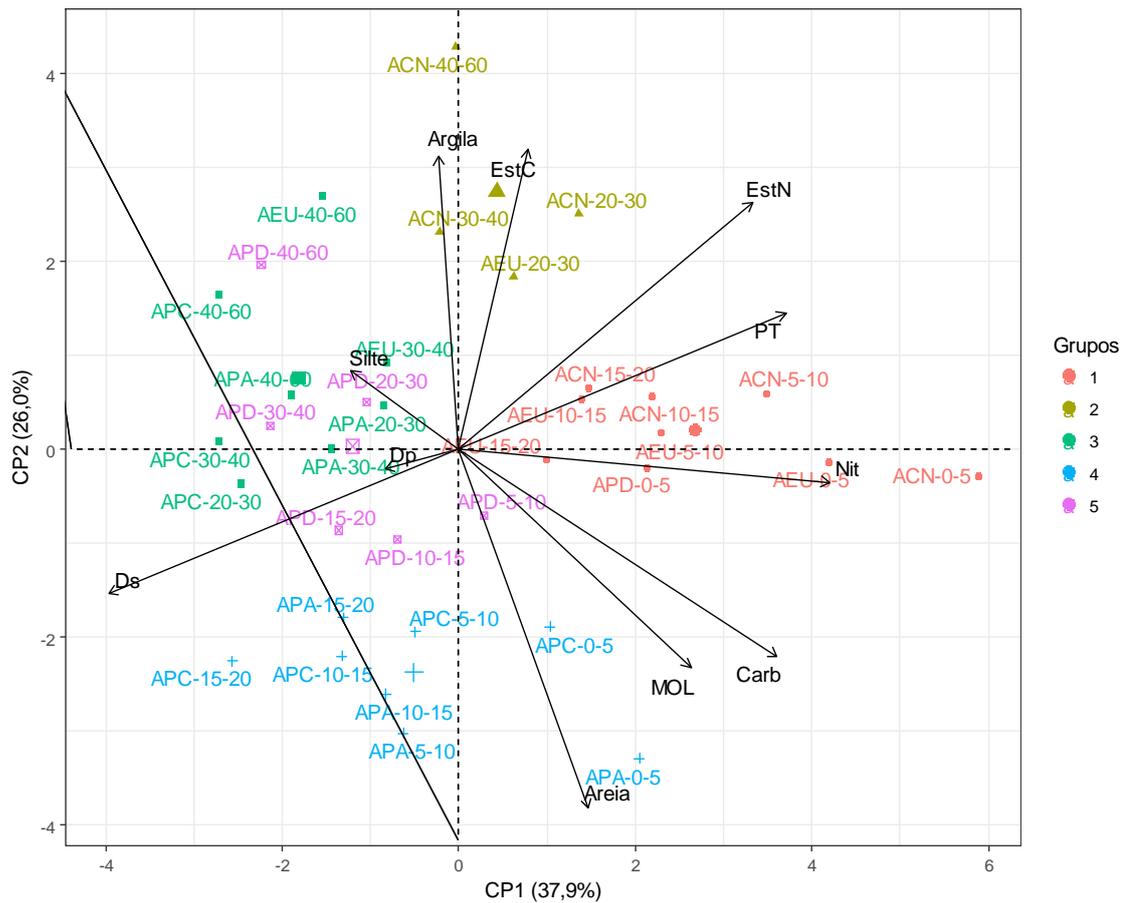
O grupo I foi constituído pelas áreas sob vegetação de cerrado nativo, área sob plantio de eucalipto e área sob plantio direto, sendo as duas primeiras com profundidades de até 20 cm e a última com a profundidade superficial de até 5 cm. Essas áreas com suas respectivas profundidades foram destacadas devido as variáveis porosidade total, teor e estoque de nitrogênio. Este padrão indicou que o plantio direto e eucalipto, sendo substituídos pela área sob vegetação nativa, favorecem a um aumento dessas variáveis, corroborando com os dados das figuras 1.2 e 1.3. A área sob cultivo de eucalipto foi cultivado oito anos, onde as pouca interferência do homem contribuiu para recuperar as propriedades do solo, já na área sob plantio direto demonstra que a manutenção da biomassa para maiores profundidades depende do período de implantação, sendo quatro anos insuficiente para recuperar as propriedades do solo em profundidade.

Próximo ao agrupamento I, tem-se a área sob vegetação de cerrado nativo (profundidade de 20 até 60 cm) e cultivo de eucalipto (profundidades de 20 a 30 cm), formando o grupo II. Essa aproximação é decorrente das variáveis estoque de carbono e argila, o que pode estar relacionada a maior proteção química e física da MOS.

O grupo III verificou-se a formação das formas de uso do solo com as camadas mais profundas, abaixo de 20 cm. Neste caso, agrupou-se áreas sob eucalipto (com profundidades de 30 a 60 cm), área sob plantio convencional e pastagem (profundidades de 20 até 60 cm).

O grupo IV, foi constituído pelas áreas sob pastagem e plantio convencional com as profundidades de 0 a 20 cm, sendo que as profundidades mais superficiais (0-5 cm) se destacaram das demais em razão da variável areia.

Já o grupo V, a densidade do solo influenciou principalmente na área sob plantio direto nas profundidades de 10-15 cm e 15-20 cm, enquanto que na profundidade de 5-10, o teor de areia se destaca.



**Figura 1.4.** Dispersão das variáveis analisadas sob diferentes formas de uso do solo. MOL: matéria orgânica leve; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; C: teor de carbono; teor de nitrogênio; EstC: estoque de carbono; EstN: estoque de nitrogênio; areia; silte; argila.

#### 4. CONCLUSÕES

A área sob plantio direto aumentou os teores e os estoques de C apenas na profundidade superficial de até 10 cm, enquanto que o cultivo do eucalipto favoreceu a um acréscimo nas profundidades de 20 a 60 cm quando comparado com as demais formas de uso do solo.

O cultivo do eucalipto contribuiu para aumentar os teores e estoques de N em todas as profundidades avaliadas seguida pelo plantio direto, porém, este uso do solo limitou-se os estoques de N até 15 cm de profundidade.

O cultivo da pastagem contribuiu para recuperar os estoques de C até 40 cm de profundidade, igualando ao cultivo do eucalipto e plantio direto, não ocorrendo o mesmo nos estoques de N.

Considerando a profundidade de até 60 cm, verifica-se que o cultivo do eucalipto aumentou os estoques de C e N em até 14% e 60%, respectivamente, em relação as demais formas de uso do solo.

A análise de agrupamento demonstrou a distinção das formas de uso e profundidade do solo em cinco grupos a partir das variáveis analisadas.

Os resultados da análise dos componentes principais mostraram que as variáveis MOL, teores e estoques de C e N, Ds e Pt foram influenciados na distinção das diferentes formas de uso do solo.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARO FILHO, J. ASSIS JÚNIOR, R. N. MOTA, J. C. A. **Física do solo: Conceitos e aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária. V.1, 2008.

ANDRADRE, C. M. S. de.; GARCIA, R.; COUTO, L. PEREIRA, O. G. Fatores Limitantes ao Crescimento do Capim-Tanzânia em um Sistema Agrossilvipastoril com Eucalipto, na região dos Cerrados de Minas Gerais. **Rev. Bras. Zootec.** 30:1178-1185, 2001.

BALOTA, E. L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. **Soil Till. Res.** 77:137-145, 2004.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL.B. J.; PICOLLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon esquestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil Tillage Res.**, 103:342-349, 2009.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **R. Bras. Ci. Solo**, 29:777-788, 2005.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. dos. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:863-852, 2015.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. MG, Universidade Federal de Viçosa, 1994, 394 p.

DIECKOW, J.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; MARTIN-NETO, L.; MILORI, D. B. N.; SALTON, J. C.; MACEDO, M. M.; MIELNICZUK, J.; HERNANI, L. C. Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. **European Journal of Soil Science**, 60:240-249, 2009.

DORTZBACH, D.; PEREIRA, M. G.; BLAINSKI, E.; GONZÁLEZ, A. P. Estoque de C e abundância natural de  $^{13}\text{C}$  em razão da conversão de áreas de floresta e pastagem em bioma mata atlântica. **R. Bras. Si. Solo.** 39:1643-1660, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa; 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos e análise de solo.** 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FRAZÃO, L. A.; SANTANA, I. K. da. S.; CAMPOS, D. V. B. de.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Estoque de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. **Pesq. Agropec. Bras.** 10:1198-1204, 2010.

GUO, L. B.; GIFFORD, R. M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. **Global Change Biol.** 8:345-360, 2002.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Carbono, nitrogênio e abundância natural de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  em um Cronossequência de agricultura sob plantio direto no cerrado goiano. **R. Bras. Ci. Solo.** 38:1135-1142, 2014.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Estoque de carbono em latossolo vermelho distroférico sob diferentes sistemas de manejo. **R. Brasi. Ci. Agron.** 7:597-602, 2012.

MADEIRA, M.V. et al. Changes in carbon stocks in *Eucalyptus globulus* Labill. plantations induced by different water and nutrient availability. **Forest Ecology and Management**, 171:75-85, 2002.

MAQUERE, V.; LACLAU, J. P.; BERNOUX, M.; SAINT-ANDRE, L.; GONÇALVES, J. L. M.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M. C.; RANGER, J. Influence of land use (savanna, pasture, Eucalyptus plantations) on soil carbon and nitrogen stocks in Brazil. **European Journal of Soil Science.** 59:863–877, 2008.

MARTÍN, J. A. R.; ÁLVARO-FUENTES, J.; GONZALO, J.; GIL, C.; RAMOS-MIRAS, J. J.; CORBÍ, J. M. G.; BOLUDA, R. Assessment of the soil organic carbono stocks in Spain. **Geoderma**. 264:117-125, 2016.

MATIAS, M. C. B. S.; SALVIANO, A. A. C. LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoque de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no cerrado do estado do Piauí. **Acta Sci. Agron**. 31:517-521, 2009.

MELO, R. O.; PACHECO, E. P.; MENEZES, J. C.; CANTALICE, J. R. B. Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um Neossolo sob vegetação de Caatinga. **Caatinga**. 21:12-17, 2008.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALERIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras, milho em sucessão com soja em região de cerrados. **R. Bras. Ci. Solo**. 37:251-259, 2013.

MOTA, J. C. A.; ALENCAR, T. L. de.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Alterações físicas de um cambissolo cultivado com bananeira irrigada na chapada do apodi, Ceará. **R. Bras. Ci. Solo**. 39:1015-1024, 2015.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, J.; TORRES, J. L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 45:508-514, 2010.

PEGORARO, R. F. **Sequestro de carbono e alterações bioquímicas da matéria orgânica de solos cultivados com eucalipto**. Universidade Federal de Viçosa. Tese de doutorado. 2007. 140p.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoque de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**. 10:1198-1204, 2010.

RASSE, D. P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M. F. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization. **Plant Soil**, 269:341-356, 2005.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; PEREIRA, J. A. A Effects of fire on soil organic matter in a “cerrado sensu-stricto” from Southeast Brazil as revealed by in  $\delta^{13}\text{C}$ . **Geoderma**. 95:141-160, 2000.

SALIMON, C. L. WADT, P. G. S. MELO, A. W. F. Dinâmica do carbono na conversão de floresta para pastagem em argissolos da formação geológica Solimões no sudoeste da Amazônia. **R. Biol. Ci. Terra**. 7:29-38, 2007.

SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Determining soil quality indicators by analysis. **Soil Till. Res.** 87:194-204, 2006.

SISTIR, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAG, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in Southern Brazil. **Soil Till Res.** 76:39-58, 2004.

SOARES, E. M. B. **Frações da matéria orgânica e composição molecular de substâncias húmicas de solos sob cultivo de eucalipto em biomas distintos**. (Tese de doutorado), Universidade Federal de Viçosa, 2009.

SOUSA, D. M. G. de.; LOBATO, E (ed). **Cerrado: correção do solo e adubação**. ed 2. Brasília, DF. EMBRAPA Informações Tecnológica, 2004.

TESFAYE, M. A.; BRAVO, F.; RUIZ-PEINADO, R.; PANDO, V.; BRAVO-OVIEDO, A. Impact of changes in land use, species and elevation on soil organic carbon and total nitrogen in Ethiopian Central Highlands. **Geoderma**. 261:70-79, 2016.

TCHIENKOUA, M. & ZECH, W. Organic carbon and plant nutrient dynamics under three land uses in the highlands of West Cameroon. **Agric. Ecosyst. Environ**, 104:673-679, 2004.

YEMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Scil. Plant Anal.**, 19:1467-1476, 1988.

VIEIRA, F. C. B.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J.; SIX, J. Building up organic matter in a subtropical Paleudult under legume cover-crop-based rotations. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 73:1699-1706, 2009.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 2005.

WINK, C.; REINERT, D. J. TORNQUIST, C. G. SILVA, I. R. Dinâmica do carbono e nitrogênio em plantações de eucalipto no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo.** 39:1623-1632, 2015.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Soil organic carbono as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in the Cerrado region of Brasil. **For. Ecol. Manage.** 166:285-294, 2002.

## **CAPÍTULO II**

### **FRACIONAMENTO FÍSICO E QUÍMICO E PROPRIEDADES ESPECTRAIS DO SOLO E DA MATÉRIA ORGÂNICA LEVE EM ÁREAS SOB DIFERENTES FORMAS DE USO NO CERRADO**

## RESUMO

COSTA, ADILSON ALVES COSTA. **Fracionamento físico e químico e propriedades espectrais do solo e da matéria orgânica leve em áreas sob diferentes formas de uso no Cerrado**. 2018. 31p. Tese (Doutor em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, PB.

Com a intensificação e expansão da produção agrícola, há a substituição de áreas de cerrado nativo por outras formas de uso do solo. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar alterações nos compartimentos físico e químico na matéria orgânica, assim, como identificar, através de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF), a natureza química de amostras de solo e da matéria orgânica leve de um Latossolo Amarelo em áreas sob diferentes formas de uso no cerrado. As formas de uso avaliadas foram: área sob plantio convencional, área sob plantio de pastagem, área sob plantio direto, área sob plantio de eucalipto e como referência da vegetação original, foram tomadas áreas sob Cerrado nativo *sensu stricto*, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm na região de Luís Eduardo Magalhães, BA. O carbono das frações húmica foram obtidas através do fracionamento químico da matéria orgânica do solo (MOS). O carbono orgânico particulado (COP) e o associado aos minerais (COam) foram obtidos por meio do fracionamento físico granulométrico. Em seguida procedeu-se os respectivos cálculos dos estoques de carbono (EstCOP, e EstCOam) e o índice de manejo de carbono (IMC). A identificação dos espectros em amostras de solos e matéria orgânica leve (MOL) foram obtidas por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF). Os dados foram submetidos a análise de variância com posterior teste de médias, Tukey, a 5% de probabilidade. Dentre as diferentes frações húmicas da MOS, observa-se que os teores de carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF) nas áreas sob plantio convencional e pastagem foram iguais a área sob Cerrado nativo, porém, foram maiores em comparação a área sob plantio direto e eucalipto na camada superficial de 0-5 cm. Já o solo sob eucalipto e plantio direto foram iguais a área de Cerrado Nativo, apresentando menores teores de carbono na fração ácido húmico (C-FAH) em todas as profundidades avaliadas (exceto para a profundidade de 10-15 cm). A área sob plantio direto aumentou em até 21% os valores de carbono na fração húmica (C-HUM) em relação a áreas sob plantio convencional. Já os EstCOP foram eficientes para diferenciar as formas de uso do solo, tendo a área de pastagem com valores superiores na profundidade superficial de 0-5 cm. Porém, área sob plantio direto contribuiu com aumento de 19, 20 e 24% nos EstCOam, na profundidade de 0-5 cm em relação ao Cerrado nativo, plantio convencional e plantio sob eucalipto, respectivamente. A conversão do Cerrado para pastagem e eucalipto apresentou efeito positivo no IMC, independentemente da profundidade avaliada. Foi possível observar a presença de grupos alifáticos, aromáticos – OH, carboxílicos e carbonilas através da espectroscopia de IV-TF, sendo que ocorreu redução no grau de resistência para as amostras de MOL referente a área de plantio direto na profundidade de até 20 cm. O Cerrado nativo apresentou os menores alargamentos de absorção e área sob plantação de eucalipto e convencional apresentaram material mais recalcitrante e, portanto, mais resistente ao processo de humificação.

Palavras chave: infravermelho, caracterização espectroscópica; estoque de carbono

## ABSTRACT

COSTA, ADILSON ALVES. **Fractionation physical, chemical and soil spectral properties of organic matter light in areas under different forms to use the Cerrado.** 2018. 31p. Tese (Doutor em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, PB.

With the intensification and expansion of agricultural production, the need arises to replace areas of native vegetation by different forms of land use. This study aimed to evaluate changes in the physical and chemical fractionation in organic matter as well as identified by infrared spectroscopy with Fourier transform (FT-IR), the chemical nature of soil samples and light organic material from a Yellow Latosol typical in areas under different forms of use in the Cerrado. Use forms of the assessed were: area under conventional tillage, grazing area under plantation, area under no tillage, area under plantation of eucalyptus and reference the original vegetation areas were taken under Cerrado native, in the depths 0-5, 5-10, 10-15 and 15-20 cm in in the municipality of Luis Eduardo Magalhães, Western Bahia. The carbon of the humic fractions were obtained by chemical fractionation of soil organic matter (SOM). The particulate organic carbon (COP) and the associated minerals (COam) were obtained through physical particle size fractionation. Then we proceeded to the respective calculations of carbon stocks (EstCOp and EstCOam) and carbon management index (CMI). The identification of the spectra in soil samples and light organic matter (LOM) were obtained by infrared Fourier transform spectroscopy (FT-IR). Data were subjected to analysis of variance with subsequent testing means, Tukey at 5% probability. Among the different humic fractions MOS, it is noted that the carbon content of fulvic acid fraction (C-FAF) in areas under conventional tillage and pasture were equal to the area under native Cerrado, however, were higher compared to the area under no tillage and eucalyptus in the surface layer of 0-5 cm. Since the soil tillage and eucalyptus in the same area were native Cerrado, with lower carbon content in the fraction of humic acid (C-HAF) at all depths measured (except for the depth of 10-15 cm). The area under no tillage increased by up to 21% carbon values in humin fraction (C-HUM) in relation to the areas under conventional tillage. Since the EstCOp were effective to differentiate forms of land use, with the pasture area with values higher than the surface depth of 0-5 cm. However, area under no tillage has contributed increase of 19, 20 and 24% in EstCOam at a depth of 0-5 cm compared to the native vegetation, conventional sowing and cultivation under eucalyptus, respectively. The conversion of Cerrado for pasture and eucalyptus showed positive effect on the IMC, irrespective of the assessed depth. It was observed the presence of aliphatic, aromatic - OH, carboxylic and carbonyl groups by FT-IR spectroscopy, wherein there was a reduction in degree of resistance to the MOL samples relating to the area till depth of 20 cm. The native Cerrado showed lower uptake and enlargement of area under conventional plantation eucalyptus and had more recalcitrant materials and therefore more resistant to the humification process.

Keywords: infrared, spectroscopic characterization; carbon stock

## 1. INTRODUÇÃO

Sendo, atualmente, considerada uma das fronteiras agrícolas do país com grande potencial agrícola, tendo aproximadamente 127 milhões de hectares com à agropecuária, a região do Cerrado se destaca no âmbito mundial em relação à exploração agrícola (Caetano et al., 2013). Todavia, o impacto das diferentes formas de uso sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) podem aumentar ou reduzir o conteúdo de carbono orgânico afetando diretamente na manutenção da sustentabilidade agrícola do solo (Loss et al., 2011). Dessa forma, a busca do equilíbrio do sistema de produção, através da conservação da matéria orgânica do solo, é necessária para à sustentabilidade ambiental e econômica.

Uma vez focado na sustentabilidade agrícola e na demanda de uma agricultura altamente produtiva, é importante a busca de informações sobre os solos, visto que, são considerados como um recurso finito, não renovável, a curto prazo, assim, alguns estudos envolvendo o fracionamento físico e químico da MOS, no que diz respeito a sua quantificação e associação as frações minerais do solo, são importantes. No entanto, devido à complexidade da composição da MOS, técnicas espectroscópicas, como infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF), usadas na fração leve são úteis para à identificação de diversos grupos funcionais em função do uso do solo devido aos diferentes tipos de vibrações moleculares produzidos por esta técnica.

A IV-TF apresenta radiação de infravermelho como parte do espectro eletromagnético entre a região visível e as microondas, tendo a região de interesse situado de  $4000$  a  $400\text{ cm}^{-1}$  (Silverstein et al., 1994). Para esses autores, a região do infravermelho é causada por movimentos rotacionais e vibracionais de grupos moleculares e ligações químicas de uma molécula, sendo possível obter informações sobre a estrutura das moléculas orgânicas.

De forma mais específica, a espectroscopia de IV-TF permite identificar grupos funcionais como hidroxilas, carboxilas, alifáticos, aminas e outros, possibilitando, assim, inferir sobre aspectos com grau de decomposição e humificação da matéria orgânica (Silva Neto, 2010). Além do que a espectroscopia de refletância na região do infravermelho próximo (NIRS) tem sido indicada em estudo dos solos por ser um método não destrutivo, rápido e de baixo custo (Viscarra-Rossel, et al., 2006).

Atualmente, muitos trabalhos têm dado interesse à espectroscopia de infravermelho próximo para caracterizar as propriedades do solo (Barthès et al., 2006; Stenberg et al., 2010; Stevens et al., 2013; Cambou et al., 2016). Silva Neto (2010), estudando a composição química da matéria orgânica do solo determinada por FTIR, observou que os

espectros da IV-TF a presença de uma banda larga e intensa em 3400 a 3300  $\text{cm}^{-1}$  associada ao estiramento  $-\text{OH}$  de fenóis, alcoóis e ácidos carboxílicos, além, da presença de picos em 2918 e 2850  $\text{cm}^{-1}$  relativos ao estiramento simétrico e assimétrico de C-H alifático de grupos  $\text{CH}_3$  e  $\text{CH}_2$ , indicando a presença de cadeias alifáticas na matéria orgânica do solo.

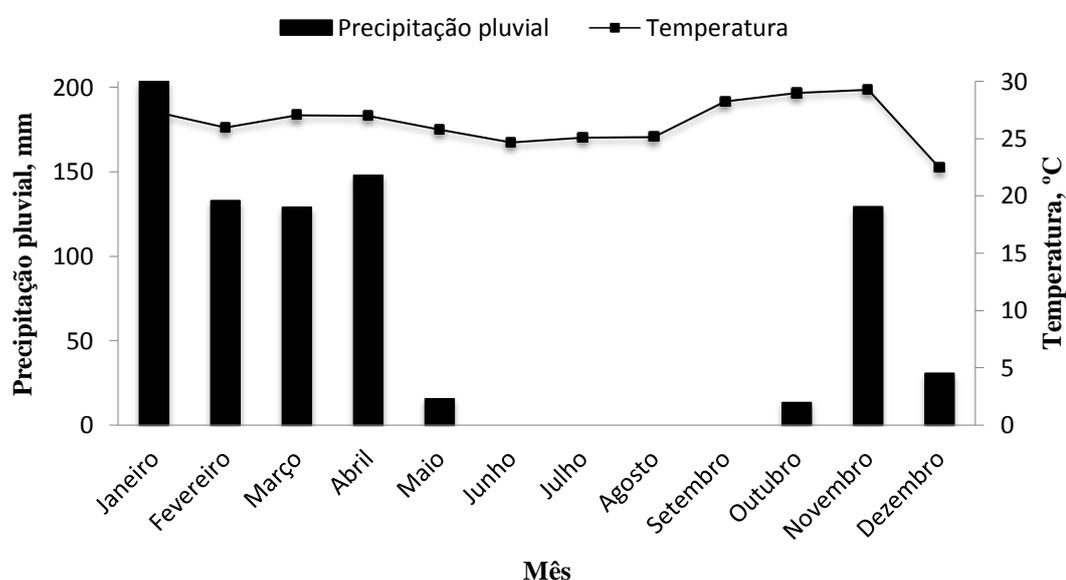
Esta pesquisa teve como objetivo avaliar alterações nas frações físicas e químicas na matéria orgânica, assim, como identificar, através de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF), a natureza química de amostras de solo e da matéria orgânica leve de um Latossolo Amarelo em áreas sob diferentes formas de uso no Cerrado.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização da Área de Estudo

A pesquisa foi conduzida em lavouras comerciais localizadas em propriedades no município de Luís Eduardo Magalhães, extremo oeste da Bahia, entre as coordenadas 11° 51' 8" e 12° 33' 50" de latitude Sul e 45° 37' 50" e 46° 23' 35" de longitude Oeste, com altitude média de 763 m.

A precipitação pluvial anual média da região é superior a 1.500 mm, com clima do tipo Aw, quente e seco, segundo Koppen e Geiger, com período chuvoso entre outubro a março, com temperatura média de 22° a 30° C. Os valores médios da precipitação pluvial e temperatura para o ano agrícola 2015, época das coletas das amostras de solos, são apresentados na figura 2.1.



**Figura 2.1.** Precipitação pluvial e temperatura média mensal do município de Luís Eduardo Magalhães, área de estudo, do ano agrícola de 2015.

Nas áreas predominam Latossolo Amarelo distrófico típico, profundos e bem drenados com relevo plano (Embrapa, 2013).

## 2.2 Histórico das Áreas de Estudo

Foram estudadas cinco áreas com diferentes formas de uso: área sob plantio convencional, área sob pastagem, área sob plantio direto, área com plantação de eucalipto e área de cerrado nativo *sensu stricto*.

Área sob plantio convencional: Localizada na fazenda Busado, altitude 769 m, cujas coordenadas sul 12°54'815" e coordenadas oeste 45°29'873". Área sob forma de uso com sistema convencional. Preparo do solo realizado com aração e gradagem. Controle de ervas daninha realizado com aplicação de herbicidas pré-emergentes. As adubações, calagem e gessagem foram feitas de acordo com análise de solo e recomendações para o Cerrado, segundo Sousa e Lobato (2004). Nas três últimas safras foram cultivadas: milho (anos 12/13); soja (anos 13/14); algodão (anos 13/14). Área de 105 ha. A Adubação na última safra foi de 354 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, 204 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, e 350 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio.

Área sob plantio de pastagem: Localizada na fazenda Strassburgues, tamanho da área 300 há, altitude de 786 m, cujas coordenadas foram sul 12°14'22" e oeste 45°49'773".. Área sob forma de uso com pastagem braquiária brizanta. Sendo que nas últimas culturas foram: feijão (ano 12/13), pastagem (ano 13/14) e pastagem (14/15). Antes da cultura do feijão foram cultivadas soja e milho (anos 11/12 e 10/11, respectivamente). Na adubação da pastagem aplicou-se 100 kg de ureia, 350 kg de superfosfato simples e 100 kg de cloreto de potássio. A pastagem foi plantada em linha com espaçamento de 0,45 m (mas, recomendado é de 0,70 m). A produção foi de 14 toneladas de massa seca.

Área sob plantio direto: Localizada na fazenda Bela Vista, altitude de 848 m, coordenadas sul 12°01'333" e oeste 46°09'332".. Uso do solo sob plantio direto sem revolvimento e implantado deste o ano agrícola de 2010/2011, com cultivos de algodão (ano de 12/13), milho (ano de 13/14) e soja (ano de 14/15). A adubação e calagem foram feitas de acordo com recomendações para cerrado (Sousa e Lobato, 2004).

Área sob plantio de eucalipto: Localizada na fazenda Palmeiras I, na altitude de 809 m e coordenadas sul 12°21'446" e oeste 45°56'212".. Forma de uso do solo com plantação de eucalipto deste 2006/2007. Antes foi dois anos com soja. A adubação para o eucalipto foi de (200 kg dividido 100 no primeiro mês e 100 no terceiro mês de ureia) 200 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples.

Área sob Cerrado nativo sensu stricto: Localizada na fazenda Palmeiras I, altitude de 813 m e coordenadas sul de 12°01'386" e oeste 46°09'180". Vegetação nativa de cerrado, sem histórico sob qualquer exploração ou interferência humana.

### 2.3 Caracterização Química e Física das Áreas de estudo

Em cada área de estudo foram coletadas amostras deformadas na profundidade de 0-20 cm, com auxílio de um trado, as quais foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As amostragens foram consideradas representativas em função da homogeneidade das áreas. Após o preparo das amostras deformadas (TFSA), foi realizada a caracterização química e análise granulométrica (Embrapa, 1997) (Tabela 2.1 e 2.2).

**Tabela 2.1.** Caracterização química e matéria orgânica das áreas de estudo submetida a diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0-20 cm

Uso do solo	Atributos químicos								
	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	V	M.O.
		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				---mg kg <sup>-1</sup> ---		%	dag kg <sup>-1</sup>
APC	6,3	2,7	0,7	0,0	1,3	48,8	54,6	73,1	1,7
APA	6,2	2,6	0,7	0,0	1,5	55,6	35,8	69,3	1,6
APD	6,1	2,5	0,7	0,0	1,6	36,9	31,2	67,2	2,0
EUC	5,4	2,3	0,6	0,0	1,7	10,8	15,6	63,3	1,8
ACN	5,1	1,2	0,4	0,4	3,2	7,6	10,9	33,7	1,7

APC: área de plantio convencional; APA: área sob plantação de pastagem; APD: área sob plantio direto; EUC: área sob plantação de eucalipto; ACN: área de cerrado nativo.

**Tabela 2.2.** Caracterização física das áreas de estudo submetida a diferentes formas de uso do solo na profundidade de 0-20 cm

Uso do solo	Granulometria			Classificação textural	Densidade do solo g cm <sup>-3</sup>
	Areia	Silte	Argila		
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				
APC	760	30	210	Franco-argiloarenosa	1,28
APA	749	32	219	Franco-argiloarenosa	1,30
APD	714	43	243	Franco-argiloarenosa	1,23
EUC	716	40	244	Franco-argiloarenosa	1,10
ACN	714	41	245	Franco-argiloarenosa	1,08

APC: área de plantio convencional; APA: área sob plantação de pastagem; APD: área sob plantio direto; EUC: área sob plantação de eucalipto; ACN: área de cerrado nativo.

#### *2.4 Amostragem de Solo*

Em cada área, foi selecionada uma parcela de 1 ha (100 x 100 m) e, em cada uma foram demarcados 25 pontos, distanciando 25 m cada. Foram abertas cinco trincheiras de aproximadamente 1,5 m de comprimento por 1 m de largura e 0,6 m de profundidade escolhido aleatoriamente entre os 25 pontos. Em cada uma das trincheiras, das diferentes áreas, foi realizada a coleta de amostras indeformadas, com auxílio de um anel volumétrico (Embrapa, 1997), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm para a determinação da densidade do solo. Nas mesmas profundidades foram coletadas amostras deformadas, com auxílio de um trado, as quais foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Após o preparo das amostras deformadas (TFSA) para a determinação do fracionamento físico e químico.

#### *2.5 Determinação do Fracionamento Químico*

Os teores de C orgânico foram quantificados pela oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, seguindo método da Embrapa (1997). Os estoques de carbono foram obtidos pela correção da massa do solo utilizando-se a camada e a massa equivalente do solo através da massa do solo de referência (Ellert, et al., 2001).

O fracionamento químico da MOS foi determinado através da extração das substâncias húmicas. Para avaliar a qualidade da matéria orgânica, foi utilizado o método de extração e fracionamento quantitativo de substâncias descrito por Benites et al. (2003). Com base na solubilidade diferenciada das substâncias húmicas em meios alcalino e ácido, foram determinados os teores de C associados a fração ácidos húmicos (C-FAH), a fração ácidos húmicos (C-FAF) e a humina (C-HUM). Na determinação do teor de carbono orgânico em cada fração foi utilizada a metodologia descrita por Yeomans & Bremner (1988). As relações entre os teores de C associados às frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos foram calculadas pela diferença entre o carbono da fração ácido húmico pelo carbono da fração ácido fúlvico (C-FAH/CFAF).

#### *2.6 Determinação do Fracionamento Físico*

O fracionamento físico granulométrico foi determinado segundo metodologia de Cambardella e Elliot (1992). Foi pesado 20 g de TFSA, sendo adicionado 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L<sup>-1</sup>). As amostras foram homogeneizadas por 16

horas em agitador horizontal e após essa etapa, realizou-se o peneiramento das amostras utilizando peneira com malha de 53  $\mu\text{m}$ . O material retido na peneira consiste no carbono orgânico particulado (COp), associado a fração areia e o que passou na peneira é denominado de carbono orgânico associado ao silte + argila (COam). Todo o material que ficou retido na peneira foi transferido para placa de petri e seco em estufa (50° C) por 24 horas. Após essa etapa, o material foi moído em gral de porcelana e analisado o teor de carbono orgânico segundo metodologia da Embrapa (1997). O teor de CO na COam foi obtido por diferença entre o CO do solo e aquele do COp.

A matéria orgânica leve (MOL), foi determinado por flotação em água, segundo metodologia de Anderson & Ingram (1989). Pesou-se 50 g da amostra (TFSA) em bécher de 250 mL, onde foi adicionado 100 mL de solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. O material foi deixado em repouso por uma noite. Decorrido o tempo, o material foi agitado com bastão de vidro e passado, todo material, por peneira de 0,25 mm para eliminação de toda argila. Após essa etapa, o material foi retido em peneira (MOL e areia) novamente para becker, sendo o volume completado com água. Todo o material flotado (em suspensão) foi passado por peneira de 0,25 mm separando a MOL da areia. Foi adicionado água novamente ao becker e agitado manualmente com o propósito de ressuspender a MOL restante e verter o material vagarosamente por peneira de 0,25 mm. O procedimento foi repetido até a remoção total do material flotado. O material retido (MOL) foi transferido para lata alumínio (previamente tarada) e levado a estufa a 65° C até atingido peso constante. A quantificação da MOL foi feita por diferença de peso ((lata + MOL) – lata).

### 2.7 Índice de Manejo do Carbono (IMC)

Para a estimativa do índice de manejo do carbono (IMC), utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{IMC} = \text{IEC} \times \text{IL} \times 100, \text{ (Equação 03)}$$

Sendo IEC, o índice de estoque de carbono, calculado através da relação entre os estoques de carbono da área com diferentes formas de uso do solo em relação à área de referência (IEC = C<sub>trat</sub>/C<sub>ref</sub>), considerando, neste caso, a área de cerrado nativo (ACN), e IL, índice de labilidade da matéria orgânica, sendo esta determinada pela labilidade das áreas com diferentes formas de uso e labilidade da área de referência (IL = L<sub>trat</sub>/L<sub>ref</sub>). A labilidade (L) foi determinada pela fórmula: L = EsCOp/Est COam, (Equação 04)

Sendo EsCOp, os estoques de matéria orgânica particulada e Est COam os estoques de matéria orgânica associada à silte + argila (Blair et al., 1995).

## *2.8 Determinação dos Espectros no Infravermelho com Transformada de Fourier (IV-TF)*

Os diferentes grupos funcionais dos solos e da matéria orgânica leve (MOL) foram identificadas por espectroscopia de infravermelho médio com transformada de Fourier (IV-TF), utilizando espectrofotômetro. As amostras de solo e MOL foram secas ao ar, trituradas e passadas em peneiras de 0,250 mm. Os espectros foram obtidos e analisados conforme frequência e intensidade das bandas de absorção correspondentes às vibrações de estiramento descrita por Silverstein (1994) e Canellas (1999), sendo suas medidas efetuadas utilizando aproximadamente 1 g de cada amostra obtida, misturadas com pastilhas de 100 mg de KBr sólido, aplicando-se uma pressão de  $3 \text{ t cm}^{-2}$ , durante 1 min. Os espectros foram obtidos na faixa correspondente a 4000 a  $400 \text{ cm}^{-1}$ . A resolução na obtenção dos espectros foi de  $4 \text{ cm}^{-1}$ , acumulando-se 20 varreduras por espectro. As análises foram realizadas no laboratório de espectroscopia pertencente ao campus I da UFPB.

## *2.9 Delineamento Experimental e Análise Estatística*

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco pseudo repetições. Os resultados obtidos no fracionamento químico, físico e índice de manejo de carbono foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise utilizou-se o SAS (University Cody, 2015).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Carbono nas frações húmicas

A caracterização do carbono nas diferentes frações das substâncias húmicas encontra-se na tabela 2.3. Nas áreas pesquisadas, o cultivo convencional e pastagem não resultaram em diferenças nos teores de carbono na fração ácido fúlvico. Já para o uso do solo sob plantio direto e eucalipto, o conteúdo de carbono na mesma fração minimizou na primeira profundidade (0-5 cm), mostrando, assim, maior sensibilidade para essas formas de uso do solo, onde o material mais lábil é, facilmente, humificado. Pesquisas realizados na Austrália, em substituição da mata nativa por cultivo de pinheiro com mais de 50 anos de idade, verificaram redução nas concentrações do carbono dos ácidos fúlvicos com a mudança de uso do solo.

Os solos sob eucalipto e plantio direto não influenciaram no carbono da fração ácido húmico quando comparadas a área sob cerrado nativo. Sendo que, apenas o plantio convencional e pastagem aumentaram os teores de carbono nesta fração. A elevação do carbono na fração ácido húmico nessas áreas é explicada pelo preparo do solo como aração e gradagem que, por sua vez aumentam a concentração de  $O_2$  no solo, incrementando, assim, a atividade biológica que promovem a uma maior síntese das substâncias húmicas mais condensado (Orlov, 1998), principalmente nas profundidades mais superficiais.

A soma do carbono nas frações do ácido fúlvico e húmico representa o carbono das substâncias húmicas. A área sob plantio direto apresentou valores inferiores de carbono nas SH em relação as formas de uso convencionais e pastagem na profundidade de até 15 cm, indicando, assim, uma baixa translocação das frações mais solúveis em profundidade. Pode-se notar que com o uso do plantio direto em substituição do plantio convencional e cerrado nativo, ocorre redução média de carbono nas SH em média de 59% e 43%, respectivamente, na primeira profundidade (0-5 cm). As menores concentrações de carbono das SH nas áreas de plantio direto e pastagem relaciona-se as maiores taxas de decomposição e mineralização, respectivamente, da MOS, proveniente das práticas convencionais adotadas.

Em todas as formas de uso do solo, o carbono na fração humina (C-HUM) foi à fração que apresentou maior concentração entre as demais frações das substâncias húmicas, independentemente das profundidades (Tabela 2.3). Os solos sob plantio direto não diferiram em relação a área de cerrado nativo, porém, aumentou as concentrações de C-HUM em até 21% em comparação ao uso convencional na profundidade de até 5 cm.

Comportamento semelhante foi verificado para a área sob plantação de eucalipto, porém, em profundidades abaixo de 15 cm. Esse aumento indica maior expressão das propriedades da fração coloidal da MOS, tais como retenção de água, melhor agregação do solo e maior retenção de cátions. Os maiores valores do C-HUM indicam maior resistência dessa fração à decomposição microbiana devido a maior estabilidade desta fração com os colóides minerais do solo e ao maior tamanho de suas moléculas. Trabalhos semelhantes foram encontrados por Fontana et. al., 2001; Ebiling et. al., 2011 que também encontraram maiores valores para C-HUM em Latossolos.

De modo diferente às frações húmicas, não foram observadas diferenças significativas para a relação C-FAH/C-FAF entre as diferentes formas de uso do solo apenas para a profundidade de 0-5 e 10-15 cm (Tabela 2.3). Já na profundidade de 5-10 cm observa-se que todas as formas de uso do solo com cultivo em relação à ACN obtiveram valores maiores ( $p < 0,05$ ) de C-FAH/C-FAF, exceto para área sob cultivo de eucalipto, com relações superiores a 1,0, demonstrando que os processos de polimerização e condensação são favoráveis, indicando enriquecimento da MOS em C-FAH. Já para as áreas com relação inferiores a 1,0 apresentam maior formação de FAF em relação a FAH devido ao menor processo de humificação. Na profundidade de 15-20, cultivo convencional e o direto apresentaram valores de C-FAH/C-FAF maiores em relação às demais áreas. O acúmulo de resíduos orgânicos pode ocasionar aumento da proporção dos componentes de maior peso molecular, sendo que as formas de uso do solo que não revolvam o solo contribuem no aumento de reserva orgânica no solo.

Na área sob plantio direto, os valores da relação C-HUM/C-FAF+C-FAH foram maiores em relação as demais formas de uso do solo na camada de até 5 cm (Tabela 2.3), indicando a transformação mais intensa de matéria orgânica e, conseqüentemente, maior síntese de fração húmica nesta profundidade. Abaixo de 5 cm, a área sob plantio direto e eucalipto se destacam. Neste sentido, os valores da relação C-HUM/C-FAF+C-FAH indicam a translocação e acúmulo de frações mais solúveis quando os solos são submetidos ao uso mais intenso, no caso do uso convencional.

**Tabela 2.3.** Teores de carbono das frações ácidos fúlvicos (C-FAF), ácidos húmicos (C-FAH), carbono na forma de substâncias húmicas (C-SH), humina (C-HUM), carbono total (COT), relação (C-FAH/CFAF) e relação (C-HUM/C-FAF+C-FAH) ( $\pm$  erro-padrão da média) em áreas de Cerrado sob diferentes formas de uso do solo.

Uso	COT	C-FAF	C-FAH	C-SH	C-HUM	C-FAH/C-FAF	C-HUM/ C-FAF+C-FAH
-----mgC g solo <sup>-1</sup> -----							
0-5 cm							
APC <sup>(1)</sup>	11,12 $\pm$ 0,22c	0,70 $\pm$ 0,02a	0,90 $\pm$ 0,15a	1,61 $\pm$ 0,23a	8,95 $\pm$ 0,28b	1,27 $\pm$ 0,21a	5,54 $\pm$ 0,69b
APA <sup>(2)</sup>	12,4 $\pm$ 0,49abc	0,77 $\pm$ 0,17a	0,72 $\pm$ 0,17a	1,49 $\pm$ 0,48b	10,04 $\pm$ ,52ab	0,92 $\pm$ 0,33a	6,70 $\pm$ 1,92b
APD <sup>(3)</sup>	14,12 $\pm$ 0,53a	0,38 $\pm$ 0,02b	0,28 $\pm$ 0,06b	0,66 $\pm$ 0,13c	11,37 $\pm$ ,64a	0,75 $\pm$ 0,16a	17,08 $\pm$ 1,88a
EUC <sup>(4)</sup>	12,12 $\pm$ 0,37bc	0,45 $\pm$ 0,04b	0,47 $\pm$ 0,03b	0,93 $\pm$ 0,05bc	10,13 $\pm$ 0,52ab	1,03 $\pm$ 0,14a	10,90 $\pm$ 0,41b
ACN <sup>(5)</sup>	13,44 $\pm$ 0,50ab	0,77 $\pm$ 0,12a	0,39 $\pm$ 0,04b	1,16 $\pm$ 0,17abc	10,45 $\pm$ 0,61a	0,51 $\pm$ 0,12a	8,95 $\pm$ 0,96b
5-10 cm							
APC	10,12 $\pm$ 0,23a	0,62 $\pm$ 0,05a	0,97 $\pm$ 0,13a	1,59 $\pm$ 0,22a	7,80 $\pm$ 0,35a	1,57 $\pm$ 0,26a	4,88 $\pm$ 0,59c
APA	10,26 $\pm$ 0,32a	0,73 $\pm$ 0,19a	0,81 $\pm$ 0,15ab	1,54 $\pm$ 0,14a	8,11 $\pm$ 0,44a	1,11 $\pm$ 0,33a	5,24 $\pm$ 0,71bc
APD	11,30 $\pm$ 0,57a	0,29 $\pm$ 0,02a	0,33 $\pm$ 0,05b	0,63 $\pm$ 0,11b	9,50 $\pm$ 0,49a	1,12 $\pm$ 0,16a	14,99 $\pm$ 1,91a
EUC	10,82 $\pm$ 0,21a	0,46 $\pm$ 0,05a	0,34 $\pm$ 0,09b	0,81 $\pm$ 0,20b	8,61 $\pm$ 0,55a	0,73 $\pm$ 0,16b	10,58 $\pm$ 2,15ab
ACN	11,70 $\pm$ 0,36a	0,57 $\pm$ 0,07a	0,33 $\pm$ 0,04b	0,90 $\pm$ 0,12b	8,41 $\pm$ 0,86a	0,58 $\pm$ 0,06b	9,26 $\pm$ 1,35abc
10-15 cm							
APC	8,94 $\pm$ 0,14a	0,68 $\pm$ 0,02a	0,59 $\pm$ 0,03a	1,28 $\pm$ 0,04a	7,15 $\pm$ 0,22a	0,86 $\pm$ 0,06a	5,58 $\pm$ 0,87c
APA	8,84 $\pm$ 0,20a	0,64 $\pm$ 0,23a	0,58 $\pm$ 0,09a	1,2 $\pm$ 0,20ab	6,43 $\pm$ 0,260a	0,91 $\pm$ 0,40a	5,22 $\pm$ 1,00c
APD	8,72 $\pm$ 0,61a	0,38 $\pm$ 0,04a	0,36 $\pm$ 0,09b	0,74 $\pm$ 0,15c	6,98 $\pm$ 0,87a	0,95 $\pm$ 0,27a	9,39 $\pm$ 2,31a
EUC	10,02 $\pm$ 0,12a	0,49 $\pm$ 0,03a	0,31 $\pm$ 0,05b	0,81 $\pm$ 0,07bc	8,30 $\pm$ 0,26a	1,57 $\pm$ 0,10a	10,24 $\pm$ 1,28a
ACN	10,28 $\pm$ 0,50a	0,64 $\pm$ 0,04a	0,32 $\pm$ 0,03b	0,96 $\pm$ 0,03abc	7,74 $\pm$ 0,73a	0,50 $\pm$ 0,08a	8,02 $\pm$ 0,57b

	15-20 cm						
APC	7,08±0,32ab	0,60±0,06a	0,35±0,12ab	0,96±0,25ab	5,46±,23b	0,58±0,23b	5,67±0,81b
APA	7,66±0,56ab	0,52±0,06ab	0,72±0,12a	1,24±0,16a	5,62±0,49ab	1,38±0,28a	4,53±0,34b
APD	6,84±0,47b	0,32±0,02b	0,34±0,03b	0,67±0,07b	4,93±0,43b	1,06±0,14a	7,31±0,24b
EUC	8,94±0,24a	0,47±0,01ab	0,22±0,04b	0,69±0,08b	6,96±0,12a	0,47±0,11b	10,02±0,94a
ACN	8,84±0,53a	0,68±0,06a	0,35±0,07ab	1,03±0,19ab	6,50±0,45ab	0,52±0,10b	6,27±0,76b

<sup>(1)</sup>APC: área sob plantio convencional; <sup>(2)</sup>APA: área sob pastagem; <sup>(3)</sup>APD: área sob plantio direto; <sup>(4)</sup>AEU: área sob plantação de eucalipto; <sup>(5)</sup>ACN: área sob vegetação de cerrado stricto sensu. Médias seguidas pela mesma letra para a mesma profundidade não diferem significativamente p<0,05 pelo teste de Tukey. Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

### 3.2 Fracionamento granulométrico da MOS

Na tabela 2.4 observa-se os valores referentes ao fracionamento físico da MOS nas diferentes formas de uso do solo na profundidade de até 20 cm. Nas áreas sob pastagem e eucalipto não houveram diferenças de carbono orgânico particulado (COp) em relação a área de Cerrado nativo até a profundidade de 10 cm, porém, incrementos em seus teores foram evidenciados em comparação as áreas sob plantio direto e convencional. De acordo com o histórico, pode-se observar que este aumento deve-se ao aporte de resíduos vegetais com maior relação C/N e ausência de revolvimento do solo nas áreas sob pastagem e ao tempo de implantação do eucalipto (oito anos), acarretando em menor decomposição dos mesmos e maiores teores destes resíduos na superfície do solo. Os menores valores de COp foram encontrados para área sob plantio convencional e plantio direto com reduções aproximadamente de 20% e 40%, respectivamente, em relação a área de pastagem na profundidade de até 10 cm. Dessa forma, a fração particulada pode ser usada como indicador às mudanças proporcionadas pelas diferentes formas de uso do solo (Loss, et al., 2011).

O eucalipto contribuiu no aumento do COp em profundidade (abaixo de 10 cm) com valores de  $0,75 \text{ g kg}^{-1}$ , em relação as demais formas de uso do solo. Já o plantio direto incrementou 23% de COp em relação a plantio convencional e 26% em relação a área sob Cerrado nativo na profundidade de 15 a 20 cm.

A área sob pastagem aumentou os estoques de carbono orgânico particulado (EstCOp) relação às demais formas de uso do solo na profundidade de até 10 cm. Porém, não diferenciando em relação ao plantio convencional e plantio direto na profundidade abaixo de 0,10 m (Tabela 2.4). Os resíduos vegetais obtidos no plantio direto antes da introdução da pastagem e o maior aporte de raízes principalmente na camada superficial proveniente do pasto podem contribuir para aumentar os teores de COp e, conseqüentemente, nos EstCOp, favorecendo, assim, a menores perdas de carbono no solo, pois, a MOS lábil estará mais protegida fisicamente graças a formação de agregados, entretanto as práticas agrícolas baseadas no revolvimento como aração e gradagem no plantio convencional e o pouco tempo de implantação de plantio direto estão reduzindo os teores de COp e, conseqüentemente, os EstCOp em superfícies.

Estes resultados corroboram com outros trabalhos onde constatam que a principal fração da MOS modificada pelo manejo é a fração particulada (COp), sendo este mais eficaz para avaliar as modificações nos teores de carbono orgânico devido as diferentes

formas de uso do solo, principalmente nos primeiros centímetros do solo (Nicoloso, 2005; Loss et al., 2011).

Em relação ao carbono orgânico associado ao silte e argila (COam) observa-se que os maiores teores na profundidade superficial de até 10 cm são encontrados quando utiliza-se plantio direto, comparando com as demais formas de uso do solo, porém, igualando as teores encontrados na área sob vegetação de Cerrado nativo. Com o uso do eucalipto é observado aumento do COam a partir da profundidade de 5 até 20 cm. Área sob plantio convencional reduziu os teores de COam, devido ao revolvimento do solo, que é realizado constantemente no sistema produtivo o que resulta em quebra de partícula do solo, e pela presença de uma textura arenosa mais expressiva, expondo, assim, a matéria orgânica aos agentes decompositores.

O plantio direto contribuiu para aumentar os estoques de carbono associados às frações de silte e argila (EstCOam) em até 19, 20 e 24% em comparação a área sob vegetação de Cerrado nativo, plantio convencional e eucalipto, respectivamente, na profundidade de 0-5 cm, isso em função da rotação de culturas. Não houve diferença para os EstCOam nas profundidades abaixo de 5 cm nas diferentes formas de uso do solo, sendo esses resultados normal, já que, normalmente, é a variável menos alterado pelas diferentes formas de uso do solo (Bayer et al., 2004).

**Tabela 2.4** Carbono orgânico particulado da MOS (COp), carbono orgânico associado a silte+argila da MOS (Coam), estoque de carbono na fração particulada da MOS (EstCOp) e estoque de carbono na fração associada a silte+argila da MOS (EstCOam) ( $\pm$  erro-padrão da média) em diferentes camadas em áreas de Cerrado sob diferentes formas de uso do solo.

Uso	COp	COam	EstCOp	EstCOam
	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----Mg ha <sup>-1</sup> -----	
0-5 cm				
APC	0,93±0,03 b	10,19±0,13 c	0,70±0,02 b	7,74±0,31 b
APA	1,15±0,12 a	11,25±0,49 bc	0,88±0,09 a	8,63±0,39 b
APD	0,64±0,04 c	13,47±0,52 a	0,47±0,03 c	9,74±0,36 a
EUC	0,99±0,02 ab	11,13±0,37 bc	0,65±0,02 b	7,40±0,43 b
ACN	0,96±0,01 ab	12,47±0,51 ab	0,60±0,01 bc	7,85±0,59 b
5-10 cm				
APC	0,68±0,02 b	9,4±0,21 bc	0,55±0,02 b	7,64±0,23 a
APA	0,85±0,07 a	8,29±0,36 c	0,72±0,06 a	8,01±0,38 a
APD	0,52±0,01 c	10,78±0,58 a	0,40±0,01 c	8,46±0,43 a
EUC	0,75±0,04 ab	10,06±0,22 ab	0,54±0,02 b	7,33±0,24 a

ACN	0,66±0,03 bc	11,03±0,38 a	0,44±0,02bc	7,52±0,47 a
10-15 cm				
APC	0,47±0,03 b	8,46±0,14 ab	0,39±0,01 ab	7,07±0,26 a
APA	0,54±0,04 b	8,29±0,19 b	0,45±0,03 a	6,87±0,21 a
APD	0,52±0,06 b	8,21±0,59 b	0,40±0,05ab	6,59±0,54 a
EUC	0,75±0,01 a	9,55±0,12ab	0,33±0,02 b	7,02±0,16 a
ACN	0,46±0,01 b	9,81±0,50 a	0,33±0,01 b	7,08±0,29 a
15-20 cm				
APC	0,32±0,03 b	6,75±0,34 b	0,28±0,02 ab	5,81±0,31 a
APA	0,37±0,02ab	7,28±0,57ab	0,29±0,02 ab	5,91±0,49 a
APD	0,42±0,04 a	6,42±0,44 b	0,33±0,04 a	5,07±0,39 a
EUC	0,33±0,01ab	8,60±0,23 a	0,24±0,02 b	6,28±0,23 a
ACN	0,31±0,01 b	8,52±0,52 a	0,22±0,01 b	6,19±0,49 a

APC: área de plantio convencional; APA: área de pastagem; APD: área de plantio direto; AEU: área de eucalipto; ACN: área sob cerrado nativo. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, entre os diferentes usos, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,005$ ).

### 3.3 Índice de Manejo de Carbono (IMC)

O IMC mede as alterações nos estoques de CO (Nicoloso, 2005), onde valores menores que 100 são indicativos negativos das práticas sobre a matéria orgânica, prejudicando, assim, a qualidade do solo (Blair et al., 1995; De Bona, 2005). A utilização do índice de manejo de carbono (IMC), que mede a quantidade de carbono lábil em relação ao carbono total, é importante na identificação de uma forma de uso do solo que proporcione efeito positivo sobre a matéria orgânica do solo e qualidade do solo.

Na tabela 2.5 observa-se os valores referentes ao IMC e aos subíndices que o compõe, onde verifica-se que o IMC aumentou, independentemente das profundidades, nas áreas com pastagem e eucalipto com valores superiores ao da área sob vegetação nativa de Cerrado. Tais resultados, encontrados nas áreas sob pastagem e eucalipto, são provenientes da labilidade do carbono (LC) que apresentou maior sensibilidade, com amplitude superiores á 0,89 e 0,91, respectivamente à área sob vegetação nativa do Cerrado, em relação ao índice de estoque de carbono (IEC) que apresentou amplitude inferiores a 0,08 em ambas áreas. As alterações ocorridas na IL são decorrentes da forma de uso adotado com seus devidos manejos, demonstrando, assim, modificações na dinâmica da MOS. Dessa forma pode-se afirmar que o impacto imediato provocado pelo

uso do solo pode ser aferido pela LC por apresentar elevada sensibilidade a curto prazo (Salton, 2005).

Dessa forma é possível reforçar que a área de pastagem e eucalipto com IMC superior a 100 na profundidade de até 10 cm apresentam uso adequado, sob o aspecto de manejo de carbono.

Uso do solo como plantio direto e convencional não aumentaram o IMC na profundidade de até 10. O IMC demonstrou que o plantio direto ainda não atingiu o equilíbrio quando comparada a área sob vegetação de Cerrado nativo, ou seja, os restos culturais ou formação da palhada ainda não está sendo suficiente para aumentar o carbono lábil na profundidade superficial. Entretanto, abaixo de 10 cm todas as formas de uso do solo contribuem de forma eficiente na manutenção do conteúdo do carbono no solo, quando comparado a área de Cerrado nativo.

**Tabela 2.5.** Índice de estoque de carbono (IEC), Labilidade do carbono (LC), índice de labilidade do carbono (ILC) e índice de manejo do carbono (IMC) em diferentes camadas em áreas de cerrado sob diferentes formas de uso do solo.

Uso	IEC	LC	ILC	IMC
0-5 cm				
APC	0,81b	0,09a	1,17ab	94,77b
APA	0,91ab	0,10a	1,35a	122,85a
APD	1,05a	0,05a	0,62b	65,51b
EUC	0,90b	0,08a	1,16ab	104,40a
Fcal	107,25**	52,45**	20,53**	38,70**
ACN	-	0,08	1,00	100
5-10 cm				
APC	0,84b	0,07a	1,17ab	98,28b
APA	0,88a	0,09a	1,59a	139,92a
APD	0,96a	0,04b	0,67b	64,43b
EUC	0,92a	0,07a	1,17ab	107,48ab
Fcal	111,66**	38,12**	12,11**	21,26**
ACN	-	0,06	1,00	100
10-15 cm				
APC	0,87ab	0,05ab	1,19ab	103,53ab
APA	0,87ab	0,06a	1,41a	122,67a
APD	0,86b	0,06a	1,35ab	116,10ab
EUC	0,98a	0,04b	1,03b	100,94b

Fcal	52,96 <sup>**</sup>	40,25 <sup>**</sup>	23,11 <sup>**</sup>	32,79 <sup>**</sup>
ACN	-	0,05	1,00	100
15-20 cm				
APC	0,81a	0,04a	1,35a	109,35a
APA	0,89a	0,05a	1,44a	128,16a
APD	0,78a	0,06a	1,79a	139,62a
EUC	1,02a	0,03a	1,07a	109,14a
Fcal	1,56 <sup>ns</sup>	2,97 <sup>ns</sup>	2,31 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>
ACN	-	0,04	1,00	100

<sup>\*\*</sup>Significativo pelo teste F a 1%. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). APC: área de plantio convencional; APA: área de pastagem; APD: área de plantio direto; AEU: área de eucalipto; ACN: área sob cerrado nativo.

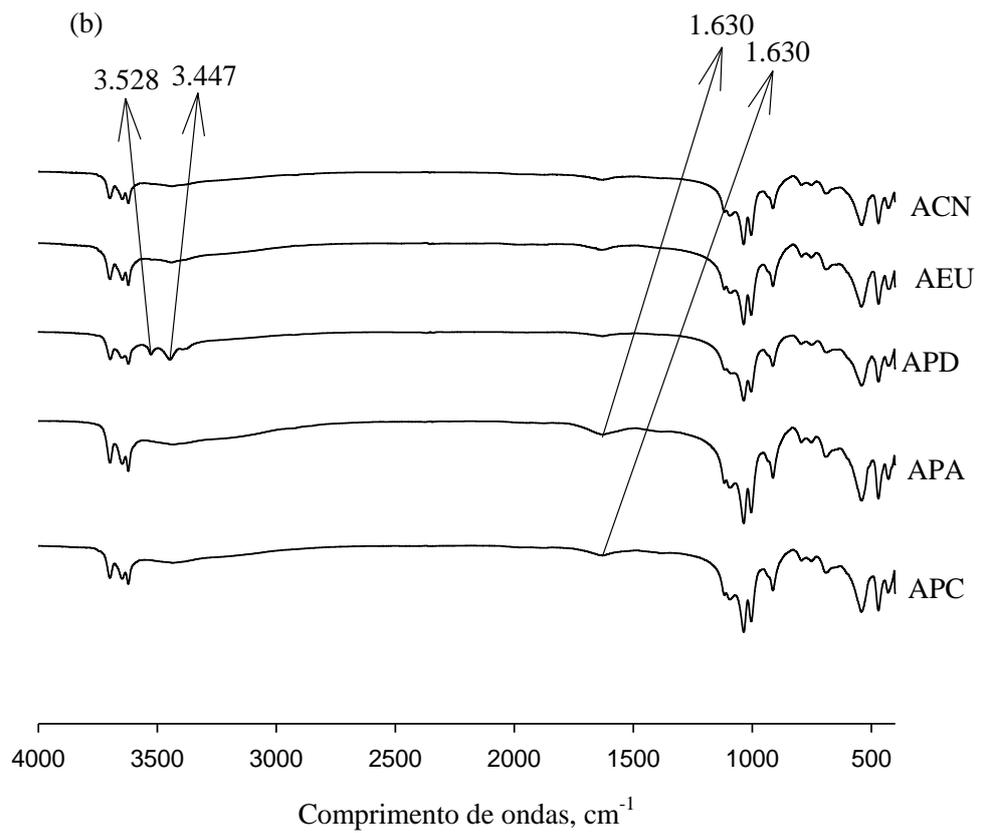
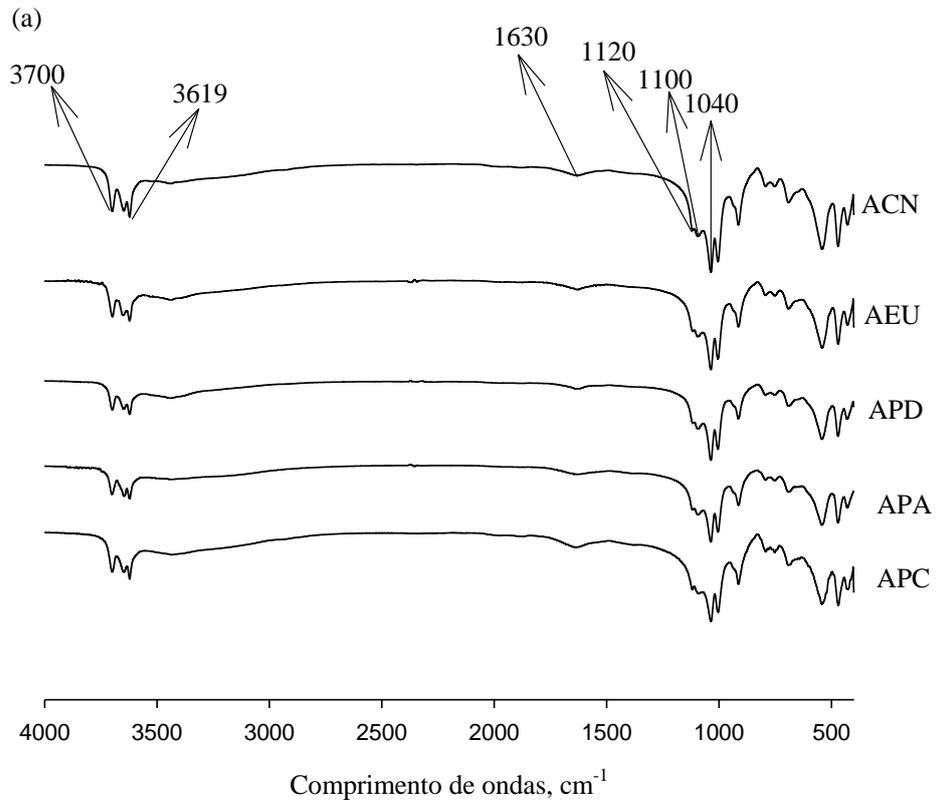
#### 3.4 Composição química do solo e MOL determinado por IV-TF

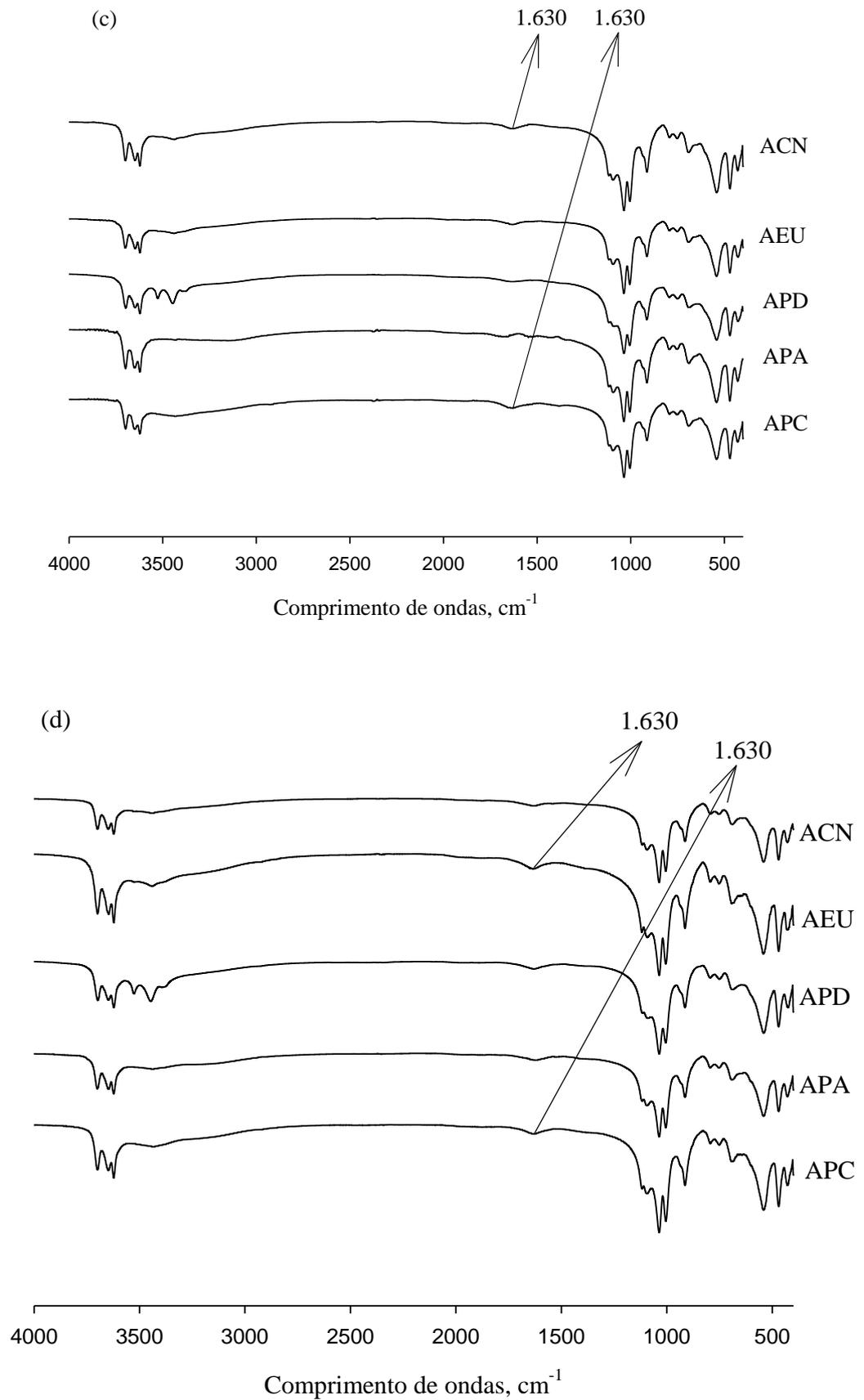
Os espectros de IV-TF das amostras de solos sob diferentes formas de uso foram obtidos com a finalidade de verificar a alterações da presença dos grupos funcionais, com a mudança do uso do solo. A interpretação dos espectros de IV-TF foi realizada quanto à presença e intensidade de vales atribuídos às bandas dos grupos funcionais (González Pérez et al., 2004; Dick et al., 2008).

A figura 2.2 a seguir ilustram os espectros de infravermelho obtidos para as amostras de solos em suas respectivas profundidades das áreas sob diferentes formas de uso no cerrado. A faixa de absorção na região espectral entre  $3.700$  a  $3.600 \text{ cm}^{-1}$  corresponde às vibrações de estiramento de grupos O-H em pontes de H e N-H de agrupamento amina e amidas. Tal comportamento foi observado para todos os espectros obtidos, não sendo possível constatar diferenças na intensidade dessas bandas a diferentes formas de uso do solo para a profundidade de até 15 cm. Abaixo de 15 cm, a área sob plantação de eucalipto se destaca apresentando vales com maior intensidade. A área sob plantio direto apresentou banda de absorção mais alargada no espectro de  $3.528$ - $3.447$  em profundidades abaixo de 5 cm, sendo está característica indicando maior rigidez das ligações de O-H e N-H, pela formação intensa de pontes de hidrogênio e isso dar-se pela maior complexidade estrutural da fração orgânica no uso com plantio direto. Nos espectros foram verificados vales na região de  $1.100$ - $1.040$ , referente ao estiramento C-O de estruturas polissacarídicas, sendo estas alterações, resultante da degradação de compostos mais biodisponíveis, como carboidratos simples e polissacarídeos na camada superficial do solo. A banda em  $1.120 \text{ cm}^{-1}$  foi atribuída ao estiramento simétrico C-O e a deformação OH do grupo carboxílico.

A região de  $1.630\text{ cm}^{-1}$  é atribuída à vibração de estiramento da ligação C=O de grupos carboxilas e carbonilas e a deformação N-H de amidas primárias. Essa banda também pode ser atribuída ao estiramento C=C do anel e as vibrações do esqueleto aromático. Nesta região espectral a maior intensidade para as diferentes formas de uso do solo foi verificada para área sob plantio de pastagem e convencional na profundidade (5-10 cm), área sob vegetação de Cerrado nativo e plantio convencional (10-15 cm) e plantio convencional e eucalipto (abaixo de 15 cm). Isso mostra que o cultivo convencional apresenta menor grau de aromaticidade e que seus materiais vegetais são facilmente degradados, já em processo de humificação em relação as demais formas de uso do solo.

A similaridade dos espectros, dar-se-á devido à mesma classe de solo (Latosolo Amarelo), porém, sob forma de uso diferente. No entanto, a forma de uso constituiu um fator determinante das diferenças qualitativas da MOS para a área sob plantio direto na profundidade abaixo de 5 cm, onde verificou-se a ocorrência de uma banda de absorção alargada com vale de  $3.447\text{ cm}^{-1}$ , que está deslocada para um nível superior de energia, característico de uma configuração mais rígida de O-H e N-H, pela formação mais intensa de pontes de hidrogênio, o que possivelmente dar-se à maior complexidade estrutural da fração leve submetida ao preparo do solo. Para Calderon et al., 2011, número de onda nessa faixa (em torno de 3.400), atribui-se ao estiramento de O-H, típico de resíduos de culturas.





**Figura 2.2.** Espectros de IV-TF do solo na profundidade de 0-5 cm (a), 5-10 cm (b), 10-15 cm (c) e 15-20 cm (d) em diferentes formas de uso do solo. APC: área sob plantio convencional; APA: área sob pastagem; APD: área sob plantio direto; AEU: área sob plantio de eucalipto; ACN: área sob vegetação de cerrado.

Foram obtidos espectros de infravermelho com transformada de Fourier das amostras de matéria orgânica leve (MOL) das áreas com diferentes formas de uso do solo em quatro profundidade (Figura 2.3). Em geral, os espectros se comportaram de forma semelhantes, porém, verificou-se a ocorrência de bandas de absorção alargadas entre os espectros da MOL quando comparada vegetação de Cerrado nativo por diferentes formas de uso do solo.

Na região espectral de  $3.700$  a  $3.000\text{ cm}^{-1}$ , correspondente às vibrações de estiramento dos grupamentos OH e NH, os espectros da MOL apresentaram bandas de absorção mais nítidas e alargadas para as formas de uso do solo com eucalipto, plantio direto e convencional na profundidade superficial de até 5 cm, consequência da maior energia de vibração, permitindo a visualização de funções nitrogenadas. Tal comportamento também foi observado também para as demais profundidades, porém, com menor intensidade na área sob eucalipto.

Observa-se que os grupos alifáticos  $\text{CH}_3$ , correspondente ao espectro de  $2.920\text{ cm}^{-1}$  e  $\text{CH}_2$ , espectro de  $2.849$ , apresentaram variações pronunciadas de acordo com o uso do solo, sendo que as bandas de absorção da MOL sob plantio direto apresentaram-se mais definidas na profundidade superficial de 0-5 e 5-10 cm, quando comparadas as demais formas de uso do solo, indicadoras transformações ocorridas na MOS decorrentes do início do processo de humificação portanto apresentando materiais menos resistente a ação da biota do solo, devido a incorporação do tipo de vegetação menos recalcitrante, ou seja, presença de materiais mais lábeis.

Os estiramento C-H alifático são verificados com bandas mais absorção mais alargadas para área de Cerrado nativo em profundidades abaixo de 10 cm. Dessa forma, verifica-se que mesmo substituindo a área sob Cerrado nativo por plantio direto, onde é adotada a rotação de cultura e ausência do revolvimento do solo, ocorre uma rápida decomposição da matéria orgânica do solo nas camadas superficiais. Resultados semelhantes foram encontrados por Freixe, et. al., (2002) e Martins (2013).

A região de  $1.630\text{ cm}^{-1}$  é atribuída à vibração de estiramento da ligação C=O de grupos carboxilas e carbonilas e a deformação de N-H de amidas primárias. Neste estudo, verifica-se que há aumento na intensidade de absorção na região espectral de  $1.630$  para a área sob plantio direto (0-5 cm) e Cerrado nativo (15-20 cm).

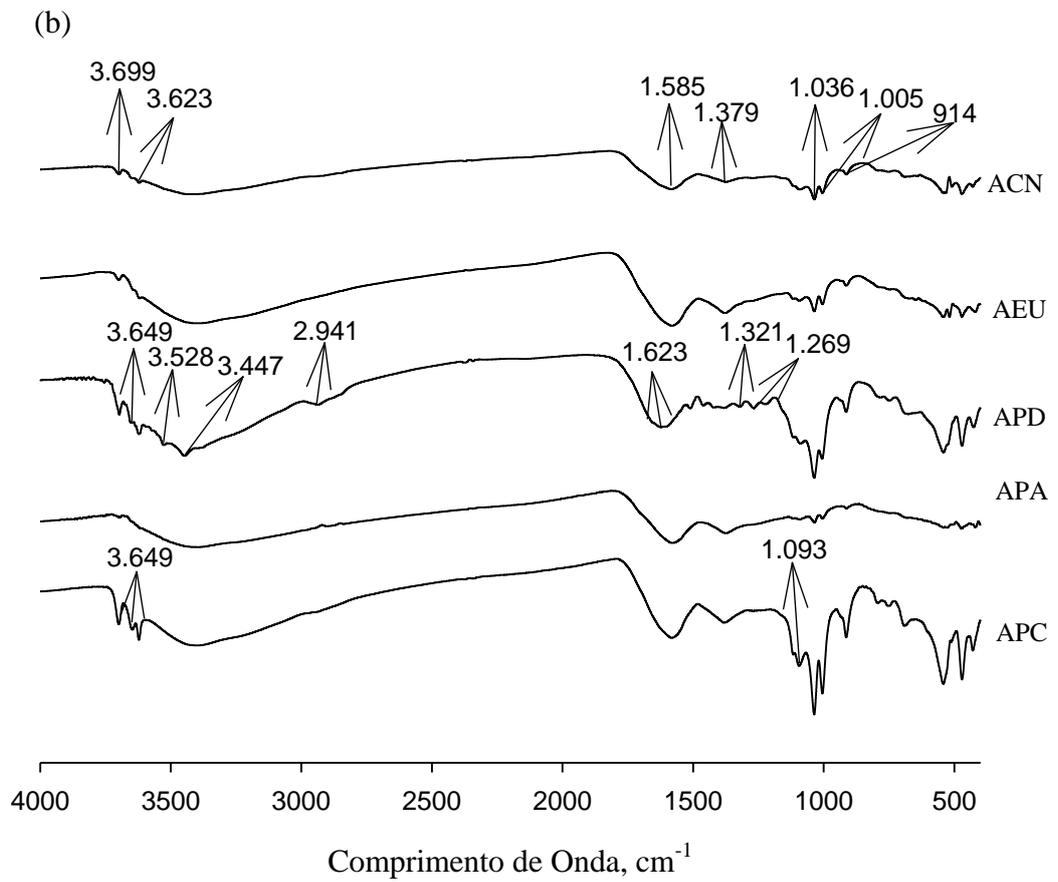
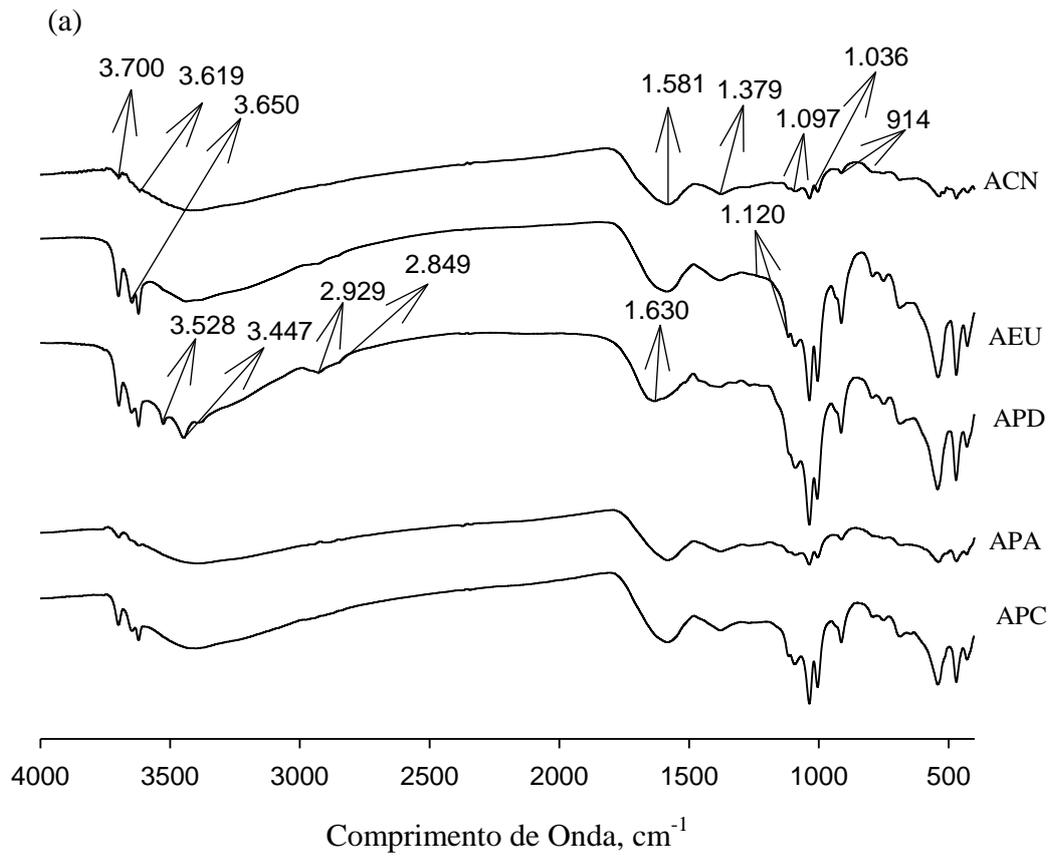
Bandas de absorção no comprimento de onda entre  $1.800$  e  $1.500\text{ cm}^{-1}$  são atribuídas a vibrações de estiramento de grupo do tipo C=O de carbonilas em ligações do tipo C=C de aromáticos. Constata-se, neste estudo, que todos os espectros,

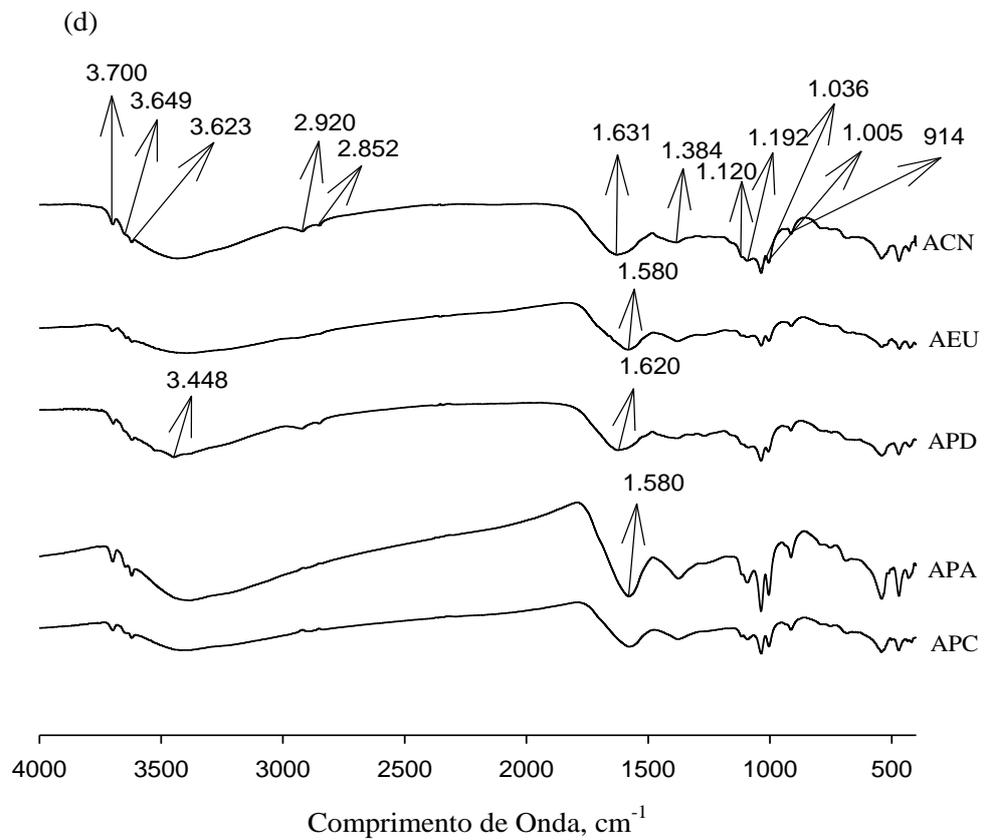
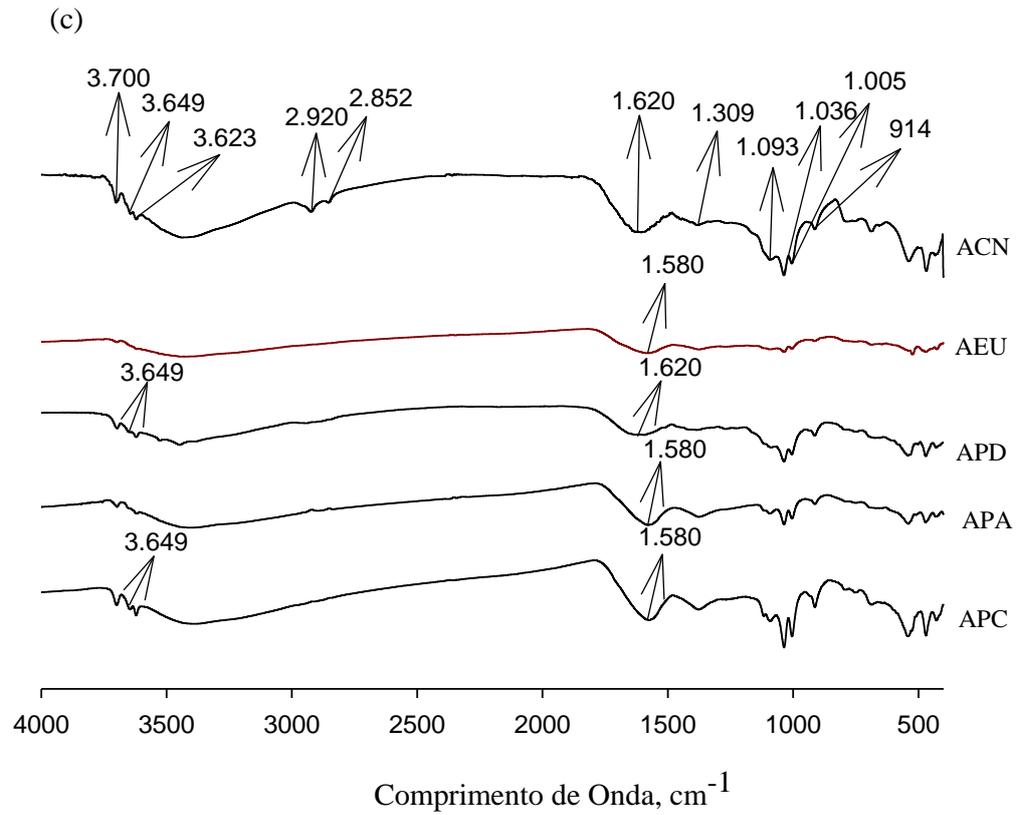
independentemente da forma de uso e profundidade, apresentaram bandas de absorção nessa faixa e que as bandas foram mais alargadas nas áreas sob eucalipto e plantio convencional e pastagem, apresentando, assim material orgânico menos biodegradável até 10 cm, ou seja, nessas áreas ocorre a presença de materiais mais humificados, associados aos colóides do solo, sendo importante para a fertilidade do solo. Dentre as áreas de estudo, a área sob Cerrado nativo foi o que apresentou os menores alargamentos de absorção nessa faixa espectral.

Na faixa espectral de  $1.379\text{ cm}^{-1}$ , surgem banda de absorção características de vibrações assimétrica e simétrica de estruturas de  $\text{COO}^-$ . Nessa região espectral, foram observadas bandas referentes a esse grupamento com maior alargamento para formas de uso do solo que substitui vegetação de Cerrado nativo, nas profundidades superficiais de até 10 cm.

A região entre  $1.300\text{-}1.000\text{ cm}^{-1}$  (região de absorção de estiramentos C-O de éster e O-H alcoólico), geralmente é atribuída à presença de polissacarídeos da MOS, sendo mais peculiar para os compostos orgânicos, utilizados para comparação no processo de humificação da MOS (Freixo et. al., 2002; Vergnoux et. al., 2011). A pastagem apresentou bandas de absorção C-O de polissacarídeos com menor intensidade na profundidade de até 5 cm do que as demais formas de uso do solo, mostrando, assim, uma grande alteração da fração leve, sendo, portanto, mais humificada. A área sob eucalipto se destaca quando analisada a profundidade abaixo de 5 cm. Essas alterações sugerem a degradação de compostos mais biodisponíveis, como carboidratos simples e polissacarídeos, que pode ser atribuída a maior grau de humificação. Contudo, para demais formas de uso (plantio direto e convencional), verifica-se que ocorre uma menor degradação (material mais lábil) dos compostos nesta profundidade.

Outros espectros apresentaram também diferença na região de 914, região conhecida como impressão digital que vai de  $800\text{-}1.400\text{ cm}^{-1}$ , que corresponde à faixa de absorção dos grupamentos funcionais pouco afetados pelo restante da molécula, possibilitando, assim, o estudo das transformações dos compostos analisados.





**Figura 2.3.** Espectros de IV-TF da MOL na profundidade de 0-5 cm (a), 5-10 cm (b), 10-15 cm (c) e 15-20 cm (d) em diferentes formas de uso do solo. APC: área sob plantio convencional; APA: área sob pastagem; APD: área sob plantio direto; AEU: área sob plantio de eucalipto; ACN: área sob vegetação de cerrado.

#### 4. CONCLUSÕES

O cultivo de plantio direto (na profundidade de até 15 cm) e eucalipto (até a profundidade de 20 cm) não alterou os teores de COT, C-FAH e C-HUM, mas, alterou a MOS, na profundidade superficial de até 5 cm, reduzindo o C-FAF, tomando-se como referência a vegetação do Cerrado nativo.

O cultivo do eucalipto aumentou a relação C-HUM/C-FAF+C-FAH abaixo de 10 cm de profundidade.

As áreas sob pastagem e eucalipto apresentaram efeito positivo no índice de manejo de carbono (IMC), com capacidade de aumentar o COT no solo, em todas as profundidades avaliadas.

Verificou-se a presença de grupos alifáticos, aromáticos, -OH, carboxílicos e carbonilas. Foram notados presença de material mais lábil, ou seja, alifáticos (comprimento de onda na faixa de 2.929 e 2.849) na área de plantio direto com maiores intensidades até 10 cm de profundidade, enquanto que o cultivo do eucalipto apresentou grupamentos mais recalcitrantes.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. **CAB International**, 1989. 171 p.

BARTHÈS, B.G.; BRUNET, D.; FERRER, H.; CHOTTE, J.L.; FELLER, C.; Determination of total carbon and nitrogen content in a range of tropical soils using near infrared spectroscopy: influence of replication and sample grinding and drying. **J. Near Infrared Spectrosc.** 14:341–348, 2006.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZULK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.** 39:677-683, 2004.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O.; **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo**: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos (comunicado técnico), 2003, 7 p.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, 46:1459-1466, 1995.

CAETANO, J. O.; BENITES, V. de. M.; SILVA, G. P.; SILVA, I. R. da.; ASSIS, R. L. de.; CARGNELUTTI FILHO, A. Dinâmica da matéria orgânica de um neossolo quartzarênico de cerrado convertido para cultivo em sucessão de soja e milheto. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1245-1255, 2013.

CALDERON, F. J.; REEVES, J. B.; COLLINS, H. P. PAUL, E. A. Chemical difference in soil organic matter fractions determined by diffuse-reflectance mid-infrared spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal.** 75:568-579, 2011.

CANELLAS, L.P. **Avaliação de características físico-químicas de ácidos húmicos**. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1999. 164p. (Tese de Doutorado)

CAMBARDELLA, C. C.; ELLIOT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**. 3:777-783, 1992.

CASTRO, K. B. de.; MARTINS, E. de. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; LOPES, C. A.; PASSO, D. P.; LIMA, L. A. de. S.; CARDOSO, W. dos. S.; CARVALHO JUNIOR, O. B.; GOMES, R. A. T. **Caracterização geomorfológica do município de Luis Eduardo Magalhães, Oeste Baiano, escala 1:100.000**. Planaltina, Empresa Agropecuária Brasileira. 2010, 32p.

COMBOU, A.; CARDINAEL, R.; KOUAKOUA, E.; VILLENEUVE, M.; DURAND, C.; BARTHÉS, B.C. Prediction of soil organic carbon stock using visible and near infrared reflectance spectroscopy (VNIRS) in the field. **Goederma**. Amsterdam, 261:151-159, 2016.

DICK D. P.; BARROS, L. S.; INDA JUNIOR, A. V.; KNICKER, H. Estudo comparativo da matéria orgânica de diferentes classes de solos de altitude do sul do Brasil por técnicas convencionais e espectroscópicas. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2289-2296, 2008.

DE DONA, F. D. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005, 154 p.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C. dos.; PEREIRA, M. G.; PINHEIRO, E. F. M.; VALLAFARES, G. S. Substâncias húmicas e relações com atributos edáficos. **Bragantia**, 70:157-165, 2011.

ELLERT, B. H.; JANZEN, H. H.; INCCONKEY, B. C. Measuring and comparing soil carbono storage. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLERT, R. F.; STEWART, B. A. (eds). **Assessment methods for soil carbono**. Lewis imprint of the CRC Press, p. 131-146, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa; 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos e análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FONTANA, A.; NASCIMENTO, G.B.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; EBELING, A. G. Matéria orgânica em solos de Tabuleiros na região norte fluminense (RJ). UFRRJ, **Floresta e Ambiente**, v.8, p.114-119. 2001

FREIXO, A. A.; CANELLA, L. P.; MACHADO, P. L. O. A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve-intra agregado de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:445-453, 2002.

GONZÁLEZ-PÉREZ, M.; MARTIN-NETO, L.; SAAB, S. C.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; BAGNATO, V. S.; COLNAGO, L. A.; MELO, W. J.; KNICKER, H. Characterization of humic acids from a Brazilian Oxisol under diferente tillage systems by EPR, <sup>13</sup>C NMR, FTIR and fluorescence spectroscopy. **Geoderma**, 118:181-190, 2004.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; CUNHA DOS ANJOS, L. H.; SILVA, E. M. R. da. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **IDESIA**, v 29. 2:11-19, 2011.

MARTINS, B. H. **Aspectos químicos e potencial de sequestro de carbono em áreas sob diferentes manejo do solo**, Universidade de São Paulo, 2013, 143p. (Tese de Doutorado).

NICOLOSO, R. S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto**. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

ORLOV, D. S. Organic substances of Russian soils. **Eur. Soil. Sci.** 31:946-953, 1998.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pecuária em ambiente tropical**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 158p.

SILVA NETO. **Pedogenese e matéria orgânica de solos hidromórficos da região metropolitana de Porto Alegre**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010, 105p. (Tese de Doutorado).

SILVERSTEIN, R.M.; BASSLER, G. & MORRILL, T.C. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogan, 1994. 387p.

SOUSA, D. M. G. de.; LOBATO, E (ed). **Cerrado: correção do solo e adubação**. ed 2. Brasília, DF. EMBRAPA Informações Tecnológica, 2004.

STENBERG, B.; VISCARRA ROSSEL, R.A.; MOUAZEN, A.M.; WETTERLIND, J. Visible and near infrared spectroscopy in soil science. **Adv. Agron.** 107:163–215, 2010.

STEVENS, A.; NOCITA, M.; TÓTH, G.; MONTANARELLA, L.; VAN WESEMAEL, B. Prediction of soil organic carbon at the European scale by visible and near infrared reflectance spectroscopy. **PLoS ONE** 8, e66409. 2013. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0066409>.

YEMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Scil. Plant Anal.**, 19:1467-1476, 1988.

VERGONOUX, A.; GIULIANO, M.; ROCCO, R.; DOMEIZEL, M.; THERAULAZ, F.; DOUMENQ, P. Quantitative and mid-infrared changes of humic substances from burned soil. **Environmental Research**. n. 2, 111:205-214, 2011.

VISCARRA ROSSEL, R. A.; McGLYNN, R. N.; McBRATNEY, A. B. Determining the composition of mineral-organic mixes using UV-vis-NIR diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma**, Amsterdam, 137:70-82, 2006.

### **CAPÍTULO III**

#### **ADAPTAÇÃO DO MODELO CENTURY4.5 PARA SIMULAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ÁREA SOB EUCALIPTO NO CERRADO**

## RESUMO

COSTA, ADILSON ALVES. **Adaptação do modelo Century4.5 para simulação dos estoques de carbono e nitrogênio em área sob eucalipto no Cerrado**. 2018. 28p. Tese (Doutor em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, PB.

A derrubada e queima da vegetação nativa do Cerrado seguida pela expansão de eucalipto nas últimas décadas, significativamente altera a dinâmica dos estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) do solo. Sendo assim, o uso de modelos matemáticos, como o Century, pode contribuir para simular a dinâmica de C e N em locais com características edafoclimáticas diferentes. O objetivo deste estudo foi adaptar o modelo Century4.5 para simular os estoques de C e N no solo em áreas sob plantações de eucalipto no Cerrado. Os dados utilizados (clima e solo) foram obtidos em áreas comerciais de eucalipto dos municípios de Luís Eduardo Magalhães-BA (calibração) e Regeneração-PI (validação). Área adjacente com campo natural (vegetação de Cerrado nativo sensu stricto) foi usada para estimar os estoques originais de COT e NT. O solo predominante das áreas foi Latossolo Amarelo. O modelo Century mostrou-se sensível ao estudo dos estoques de carbono com diferenças de 3,3% e 0,7% para área sob vegetação nativa de Cerrado e área sob eucalipto, respectivamente, entre os valores observados em campo e simulados. Para o N as diferenças foram de 12,7% entre os valores observados ( $5,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e simulados ( $4,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) na área sob vegetação nativa de Cerrado e 2,3%, entre os valores observados ( $4,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e simulados ( $4,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). As simulações indicaram ainda que o compartimento passivo é o mais afetado, com os maiores estoques de carbono, quando comparados aos compartimentos ativo e lento. Na etapa de validação para área de Regeneração-PI, os valores simulados dos estoques de C foram  $43,6 \text{ Mg ha}^{-1}$  e os observado  $47,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ , com erros inferiores a 9,0%, o que validou o modelo. Portanto, o modelo Century4.5 apresentou bom ajuste nas simulações, podendo ser utilizado para o entendimento funcional da dinâmica da matéria orgânica nas áreas sob vegetação nativa de Cerrado e sob plantações de eucalipto no Cerrado.

Palavras chave: modelagem, compartimento, matéria orgânica

**ABSTRACT**

**COSTA, ADILSON ALVES. Adaptation of Century4.5 model for simulation of carbon and nitrogen stocks in area under eucalyptus in the Cerrado.** 2018. 29p. Thesis (Thesis (Doctor in Soil Science) - Federal University of Paraíba, PB.

The tipping and burning of the native cerrado vegetation followed by expansion in recent decades eucalyptus, significantly alters the dynamics of carbon stocks (C) and nitrogen (N) of soil. Thus, the use of mathematical models such as the Century, can contribute to simulate the dynamics of C and N in places with different soil and climatic characteristics. The objective of this study was to adapt the model to simulate Century4.5 stocks of C and N in the soil in areas under eucalyptus plantations in cerrado. The data used (soil and climate) were obtained from commercial areas eucalyptus municipality of Luis Eduardo Magalhães, Western Bahia (calibration) and Regeneração, North-Central Piauí (validation). Adjacent area with natural field (vegetation of native Cerrado) was used to estimate the original stocks of COT and NT. The predominant soil areas was Yellow Latosol dystrophic. The Century model was sensitive to the study of differences in carbon stocks of 3.3% and 0.7% for the area under native vegetation Savannah and area under eucalyptus, respectively, between the values observed and simulated field. For the N differences were 12.7% between the observed values ( $5.1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) and simulated ( $4.4 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) in the area under native cerrado vegetation and 2.3% between observed values ( $4.4 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) and mock ( $4.3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). the simulations also showed that passive compartment is most affected, with higher carbon stocks compared to the active and slow compartments. in the validation phase for Regeneração-PI area, simulated values of C stocks were  $43.6 \text{ Mg ha}^{-1}$  and the observed  $47.9 \text{ Mg ha}^{-1}$  with 9.0% error, which validated the model. Therefore, the Century4.5 model showed good fit in the simulations, and can be used for functional understanding of the dynamics of organic matter in the areas under native vegetation in Savannah and eucalyptus plantations in cerrado.

Keywords: modeling, magazine, organic matter

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o Cerrado consiste em uma área em plena expansão da fronteira agrícola cobrindo cerca de 23 a 25% do território nacional (Bustamante et al., 2006; Carvalho et al., 2010; Ribeiro, 2011). Neste bioma, a exploração de áreas produtivas com eucalipto tem se destacado como uma espécie de grande importância comercial.

Devido sua interação com outros componentes, a matéria orgânica do solo (MOS) tornasse sensível a toda e qualquer alteração provocada pelo solo. Neste contexto, a expansão das áreas sob plantações de florestas, como o eucalipto, pode impactar na dinâmica do carbono orgânico total e nitrogênio total devido ao incremento de C no solo proveniente do aporte de serapilheira e reciclagem radicular, que regulam os níveis de MO (Barreto et al., 2008), se tornando um meio eficaz, principalmente nas regiões tropicais, no sequestro de carbono. No entanto, essas mudanças podem provocar alterações a degradação dos solos em razão das alterações no aporte orgânico (Céspedes-Payret et al., 2012). Tais mudanças favorecem a uma intensa exploração do solo, influenciando significativamente no fluxo de carbono e nitrogênio do solo.

Grande parte dos plantios de eucalipto no Brasil tem sido realizada na região de Cerrados, em substituição à vegetação natural ou a outras formas de usos de terra, particularmente as pastagens. Contudo, pouco se sabe sobre as alterações na MOS que essa prática causa (Barros et al., 2009). Uma ferramenta importante para entender a ciclagem da MOS em solos sob florestas é o uso da modelagem matemática, pois permite estudar cenários futuros por meio do conhecimento atual (Leite et al., 2004; Tornquist, 2007).

Dentre os modelos globais mais utilizados em estudos sobre dinâmica da MOS, simulando os estoques de carbono e nitrogênio em diferentes ecossistemas como pastagem, áreas agrícolas, florestas e savanas tem-se o *Century Agroecosystem model* (Parton et al., 1987), que vêm produzindo resultados satisfatórios em regiões tropicais (Wendling, 2007; Dias, 2010). Porém, poucos ainda são os estudos que avaliam a dinâmica dos estoques de carbono e nitrogênio do solo em plantações de eucalipto no bioma cerrado.

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo adaptar o modelo Century 4.5 para simular os estoques de carbono e nitrogênio do solo, assim como em seus compartimentos, nas condições edafoclimáticas de um Latossolo Amarelo em condições de Cerrado em área sob plantação de eucalipto.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização da Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida em áreas de campo sob vegetação nativa (ACN) e plantações de eucalipto com 09 anos de idade (AEU), na fazenda Palmeiras I, localizada no município de Luís Eduardo Magalhães, extremo Oeste da Bahia, entre as coordenadas 12°33'50" latitude sul e 46°23'35" longitude oeste, a uma altitude de 763 m. O clima predominante é do tipo Aw, quente e seco, segundo Koppen e Geiger, com período chuvoso entre outubro a março. Tem precipitação média anual de 1200 mm e temperatura média mensal variando de 34°C e 18°C (Castro et al., 2010).

O solo é classificado como Latossolo Amarelo, profundos e bem drenados com relevo plano (Embrapa, 2013).

A plantação de eucalipto foi implantada em 2007 sob espaçamento de 3x1,5 m. Anterior ao eucalipto foi cultivado culturas de arroz e feijão em sistema de plantio convencional. A adubação para o eucalipto foi de 200 Kg de ureia dividido em 100 Kg no primeiro mês e 100 Kg no terceiro mês.

A ACN localizada próxima a plantação de eucalipto consta de cerrado tipo *strictu sensu* e não recebeu qualquer tipo de manejo.

Para AEU foi simulado cenários anteriores ao momento da coleta (Tabela 3.1). A ACN foi utilizada como condição de equilíbrio.

**Tabela 3.1.** Áreas de estudo e históricos, resumidos.

Áreas de Estudo	Cenários simulado pelo modelo
Cerrado Nativo (ACN)	- Até o ano de 1997
	- 1997: desmatamento
Eucalipto (AEU)	- 1998 a 200: arroz
	- 2001 a 2006: feijão
	- 2007 a 2017: eucalipto

### 2.2 Coleta e Preparo dos Solos

Em cada área (ACN e AEU), foi selecionada uma parcela de 1 ha (100 x 100 m) e, em cada uma foram demarcados 25 pontos, distanciando 25 m cada. Foram abertas cinco trincheiras de aproximadamente 1,5 m de comprimento por 1 m de largura e 0,3 m de

profundidade escolhido aleatoriamente entre os 25 pontos, sendo cada perfil uma pseudo repetição, totalizando cinco pseudos repetições para cada área de estudo. Em cada uma das trincheiras, nas diferentes áreas, foi realizada a coleta de amostras indeformadas, com auxílio de um anel volumétrico (Embrapa, 1997), nas profundidades de 0 a 20 cm para a determinação da densidade do solo.

Na mesma profundidade foi coletada amostras deformadas, com auxílio de um trado, as quais foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As amostragens foram consideradas representativas em função da homogeneidade da área. Após o preparo das amostras deformadas (TFSA), foi determinado os teores de carbono (C) e nitrogênio (N).

### *2.3 Determinação do COT e NT*

O carbono orgânico total (COT) foi quantificado pela oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico e o N total determinado pelo Kjeldahl por destilação a vapor, ambas seguindo método da Embrapa (1997). A relação C/N foi calculada a partir da divisão dos valores de COT pelos de NT.

Posteriormente os valores de COT e NT foram corrigidos pelo estoque, considerando o método da massa equivalente (Ellert e Bettany, 1995) na profundidade de 0,00-0,20 m. Para o cálculo da massa equivalente, considerou-se a massa relativa do solo nas diferentes formas de uso pela seguinte expressão:  $M_{\text{solo}} = d_s \times E \times A$ , sendo:  $M_{\text{solo}}$  = massa do solo, expresso em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ;  $d_s$  = densidade do solo, expresso em  $\text{Mg m}^{-3}$ ;  $E$  = espessura, expresso em m;  $A$  = área,  $10.000 \text{ m}^2$ . Após a definição da massa do solo, considerou-se a área de cerrado nativo (ACN) como área de referência. Em seguida foi calculado as camadas de solo a serem adicionadas ou subtraídas com o objetivo de igualizar as massas de solo dos tratamentos. Para o cálculo das camadas a serem adicionadas ou subtraídas, utilizou-se a seguinte expressão:  $E_{\text{ad/sub}} = (M_{\text{ref}} - M_{\text{area}}) \times f_{\text{ha}}/d_s$ , sendo:  $E_{\text{ad/sub}}$  = espessura do solo da camada a ser adicionada (+) ou subtraída (-), expresso em m;  $M_{\text{ref}}$  = massa equivalente do solo da área de referência, ACN, expresso em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ;  $M_{\text{area}}$  = massa equivalente do solo da área, expresso em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ;  $f_{\text{ha}}$  = fator de conversão de ha para  $\text{m}^2$  ( $0,0001 \text{ ha m}^{-2}$ );  $d_s$  = densidade do solo, expresso em  $\text{Mg m}^{-3}$ . Os estoques de C e N em massa equivalente foram obtidos pela seguinte expressão:  $\text{Est} = cc \times d_s \times (E \pm E_{\text{ad/sub}}) \times A \times F_{\text{kg}}$ , sendo:  $\text{Est}$  = estoque de C ou N por unidade de área em camada equivalente, expresso em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ;  $cc$  = concentração de C ou N, expresso em  $\text{g kg}^{-1}$ ;  $d_s$  = densidade do solo, expresso em  $\text{Mg m}^{-3}$ ;  $E$  = espessura do solo da camada estudada,

expresso em m; Ead/sub = espessura do solo da camada a ser adicionada (+) ou subtraída (-), expresso em m; A = área, considerando 1 ha, ou seja, 10.000 m<sup>2</sup>; Fkg = fator de conversão de kg para Mg (0,001 Mg ha<sup>-1</sup>).

#### *2.4 Modelo Century 4.5*

O modelo Century versão 4.5 compreende uma série de equações matemáticas em arquivos interligados. Dentre os arquivos necessários para a realização da modelagem, tem-se o FIX.100, no qual contêm os parâmetros fixos das equações referentes a dinâmica da MOS, como taxas de decomposição, das relações C/N, C/P, C/S, fluxos entre os compartimentos, das frações de nitrogênio perdido por volatilização e lixiviação, disponibilidade de nutriente para as plantas, efeito da fração argila sobre o fluxo da MOS entre os compartimentos e disponibilidade hídrica (Weber, 2010; Wink, 2013).

Além deste arquivo, o Century 4.5 compreende os arquivos acessórios referente ao ambiente de estudo como: SITE.100, onde encontra-se todas as informações referentes a localização geográfica, ao clima e solo do local; .SCH, arquivo de manejo ou cenário de todos eventos ocorridos, assim como sua localização no tempo; CULT.100, referente ao preparo do solo; CROP.100, referente as culturas utilizadas; HARV.100, ao tipo de colheita; TREE.100, ao tipo de floresta; TREM.100, referente a remoção das florestas; FERT.100, referentes ao tipo e quantidade de fertilizantes; IRRO.100, irrigação; GRAZ.100, pastejo nas áreas; FIRE.100, referente a utilização do fogo; OMAD.100, referente a adição da matéria orgânica no solo.

#### *2.5 Iniciação do Modelo Century 4.5*

Nesta etapa foram necessários os dados de entradas para o arquivo local referente as condições climatológicas e solo. O modelo possui como variáveis de entradas a temperatura máxima °C e mínima °C, precipitação pluvial mensal, granulometria (areia, silte a argila), densidade do solo, densidade do solo e pH.

Dados Climáticos: Para o período de equilíbrio foram utilizados os valores médios de 54 anos (1960 – 2014) de precipitação e temperatura máxima e mínima mensal da região de Luís Eduardo Magalhães. Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

Solo: A areia, silte e argila foi determinada pelo método da pipeta, com agitação mecânica, segundo Embrapa, (1997). A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, com volume de 259 cm<sup>3</sup> (Embrapa, 1997) e pH em água (Tabela 3.2)

**Tabela 3.2.** Atributos químicos e físicos para a camada arável de 0-20 cm do solo utilizado na parametrização do modelo Century 4.5.

Área	Granulometria			Densidade do Solo	pH
	Areia	Silte	Argila		
ACN	-----g kg <sup>-1</sup> -----			Mg m <sup>-3</sup>	
	714	41	245	1,08	5,1

Planta: Para a ACN e AEU foram empregados inicialmente os valores originais do modelo Century 4.5.

### 2.6 Simulação de Equilíbrio

A execução de equilíbrio consiste na simulação do de 1000 a 10000 anos sob a vegetação nativa local com o objetivo de que as variáveis de saída do modelo se estabilizem. Para este estudo foi simulado no período de 5000 anos na condição de cerrado nativo (ACN). Inicialmente foi feito simulações com valores originais do parâmetro FIX.100, logo, a medida que eram feitas as modificações nos valores de acordo com as características edafoclimáticas do local, para a estabilização do carbono e nitrogênio, novas simulações eram feitas.

### 2.7 Criação dos Cenários de Manejo (.SCH)

Para a ACN e AEU foram construídos os cenários de manejo. Para o cenário na ACN foi construído um bloco obtendo informações referente à simulação de equilíbrio da vegetação nativa. Neste cenário constou também de informações referentes ao fogo (FOG), já que é comum nas áreas de cerrado o fogo espontâneo. Para o cenário de manejo da AEU foi construído 6 blocos referentes as informações sobre o cultivo do arroz, feijão e eucalipto. Neste arquivo estão localizadas as informações referentes as espécies, mês de semeadura, senescência, tipo e mês de ocorrência do preparo do solo, quantidade e mês da fertilização e época de colheita das culturas. No presente estudo os .SCH foram chamados de NATIVA, para ACN e EUCAL, para AEU.

## 2.8 Parametrização do Modelo Century 4.5

Para esta etapa foram feitas algumas modificações nos valores originais dos parâmetros do modelo de acordo com as características do local de estudo até que os valores referentes aos estoques de carbono e nitrogênio fossem similares aos observados na ACN e AEU. Neste sentido, alterou alguns parâmetros fixos (FIX.100), das culturas (CROP.100), de cultivo (CULT.100), da colheita (HARV.100), da fertilização (FERT.100), do corte da área nativa (TREM.100) e dos parâmetros da floresta (TREE.100).

### 2.9 Parâmetros do CROP.100

Foi necessário modificar os parâmetros das culturas utilizadas de acordo com as condições locais (dados obtidos da literatura) (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3.** Parâmetros da cultura (CROP.100) alterados na vegetação nativa.

Áreas	Parâmetros	Valor Original	Valor Utilizado
ACN	PRDX(1)	0,300	0,400
	SNFXMX(1)	0,000	0,005
	CLAYPG	4,000	8,000

ACN: Área sob vegetação nativa de Cerrado sensu stricto; PRDX(1): produção de carbono acima do solo para culturas ( $\text{g C/m}^2$ ); SNFXMX(1): máxima fixação simbiótica de N para floresta ( $\text{g N fixado/g C novo}$ ).

Com relação aos parâmetros foram modificados o PRDX(1) representa o coeficiente utilizado no cálculo na produção potencial em função da radiação solar, SNFXMX(1), referentes a fixação de nitrogênio pelas herbáceas e CLAYPG, sendo este valor alterado devido ao solo a ser trabalhado ser um Latossolo, profundo.

### 2.10 Parâmetros do FIX.100

Devidos aos estoques de carbono e nitrogênio serem superestimados pelo modelo na camada superficial de 0-20 cm com os valores originais fixos para a ACN, tendo em vista que o modelo foi desenvolvido para clima temperado, logo, já era de se esperar que o mesmo superestima-se os valores originais de carbono e nitrogênio, então, foi realizado a modificação dos valores de alguns parâmetros fixos do modelo Century 4.5, levando em consideração as condições de clima tropical.

Foram realizadas modificações nos parâmetros DEC4<sup>1</sup> e DEC5<sup>2</sup> que representam a máxima taxa de decomposição dos compartimentos ativo, passivo e lento da MOS, respectivamente. Também, procedeu-se modificações nos parâmetros referentes a dinâmica do nitrogênio. Neste caso foi testado combinações de valores para os parâmetros de OMLECH (1), OMLECH (3), VARAT1 (1,1), VARAT1 (2,1), VARAT1 (3,1), VARAT2 (1,1) VARAT2 (2,1), VARAT2 (3,1), VARAT3 (1,1), VARAT3 (2,1) e VARAT3 (3,1), referente a relação C/N do material nos diferentes compartimentos da MOS (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4.** Parâmetros do FIX.100 utilizado na simulação da ACN e AEU.

Parâmetros	Valor Original	Valor Utilizado
DEC4 <sup>2</sup>	0,0059	0,0085
DEC5 <sup>3</sup>	0,3200	0,6090
OMLECH (1) <sup>4</sup>	0,0300	0,0010
OMLECH (3) <sup>5</sup>	60,000	10,000
VARAT1 (1,1) <sup>6</sup>	14,000	9,0000
VARAT1 (2,1) <sup>7</sup>	3,0000	2,0000
VARAT1 (3,1) <sup>8</sup>	2,0000	1,5000
VARAT2 (1,1) <sup>9</sup>	15,000	8,0000
VARAT2 (2,1) <sup>10</sup>	12,000	5,0000
VARAT2 (3,1) <sup>11</sup>	2,0000	2,0000
VARAT3 (1,1) <sup>12</sup>	5,5000	2,5000
VARAT3 (2,1) <sup>13</sup>	6,0000	1,5000
VARAT3 (3,1) <sup>14</sup>	2,0000	1,0000

<sup>1</sup>Máxima taxa de decomposição da MOS no compartimento passivo;<sup>2</sup> Máxima taxa de decomposição da MOS no compartimento ativo;<sup>3</sup>Interceptação pelo efeito da areia na lixiviação de compostos orgânicos;<sup>4</sup>quantidade de água que flui para lixiviação dos compostos orgânicos;<sup>6</sup>máxima relação C/N entrando no material SOM1;<sup>7</sup>mínima relação C/N entrando no material SOM1;<sup>8</sup>quantidade de N presente quando aplica a taxa mínima;<sup>9</sup>Máxima relação C/N do material que entra no compartimento lento da MOS;<sup>10</sup>mínima relação C/N que entra no material SOM2;<sup>11</sup>quantidade do N presente quando se aplica uma taxa mínima;<sup>12</sup>Máxima relação C/N do material que entra no compartimento passivo da MOS;<sup>13</sup>mínima relação C/N para material entrando no SOM3;<sup>14</sup>quantidade de N presente quando se aplica uma taxa mínima.

### 2.11 Parâmetros do CULT.100

Na AEU modificou alguns valores do parâmetro CULT.100, com o objetivo de reduzir as perdas de carbono do solo, antes da implantação do eucalipto, pois para esta cultura, o revolvimento do solo é praticamente nulo. Para o período anterior as

implantações do eucalipto foram utilizadas formas de cultivo de preparo do solo, baseado em aração e gradagem (Tabela 3.5).

**Tabela 3.5.** Parâmetro de CULT.100 alterados nas plantações antes do eucalipto.

Preparo do Solo	Parâmetros	Valor Original	Valor Utilizado
ARAR	CULTRA (2) <sup>1</sup>	0,1000	0,0000
	CULTRA (3) <sup>2</sup>	0,1000	0,0000
	CLTEFF(1) <sup>3</sup>	1,6000	1,4000
	CLTEFF(2) <sup>4</sup>	1,6000	1,4000
	CLTEFF(3) <sup>5</sup>	1,6000	1,4000
	CLTEFF(4) <sup>6</sup>	1,6000	1,4000
GRAD	CULTRA (2)	0,1000	0,0000
	CULTRA (3)	0,1000	0,0000
	CULTRA (5)	0,9000	0,1000
	CULTRA (6)	0,9000	0,1000
	CLTEFF(1)	1,6000	1,2000
	CLTEFF(2)	1,6000	1,2000
	CLTEFF(3)	1,6000	1,2000
	CLTEFF(4)	1,6000	1,2000

<sup>1</sup>Fração da material viva acima do solo transferida para decompor; <sup>2</sup>Fração da matéria viva acima do solo transferida para liteira; <sup>3</sup>Fator de cultivo para a decomposição do compartimento ativo da MOS, funciona como um multiplicador para o aumento da decomposição; <sup>4</sup>Fator de cultivo para a decomposição do compartimento lento da MOS, funciona como um multiplicador para o aumento da decomposição; <sup>5</sup>Fator de cultivo para a decomposição do compartimento passivo da MOS, funciona como um multiplicador para o aumento da decomposição; <sup>6</sup>Fator de cultivo para a decomposição do compartimento estrutural do solo, funciona como um multiplicador para o aumento da decomposição.

## 2.12 Parâmetros do HARV.100

Na simulação foi utilizado os parâmetros do HERV.100, referente as colheitas das culturas do arroz e feijão antes da implantação do eucalipto (Tabela 3.6).

**Tabela 3.6.** Parâmetros do HARV.100 alterados nas plantações de arroz e feijão.

Tipo de Colheita	Parâmetros	Valor Original	Valor Utilizado
ARROZ	RMVSTR <sup>1</sup>	0,5	0,2
FEIJÃO	REMWS <sup>2</sup>	0,5	1,0

<sup>1</sup>Fração do resíduo acima do solo que será removido; <sup>2</sup>fração do resíduo restante que ficará em pé.

### 2.13 Parâmetros do FERT.100

Durante a implantação da cultura do feijão foi realizado uma adubação nitrogenada complementar de 3 g m<sup>2</sup>, viado que a cultura, por ser uma leguminosa, naturalmente, fixa nitrogênio atmosférico. Durante a implantação da cultura do eucalipto foi realizado uma adubação nitrogenada dividida em duas vezes, sendo a primeira aplicação no plantio e uma segunda no terceiro mês de desenvolvimento da cultura. As alterações nos parâmetros estão na Tabela 3.7.

**Tabela 3.7.** Parâmetros do FERT.100 alterados nas plantações de feijão e eucalipto.

Tipo de Colheita	Parâmetros	Valor Original	Valor Utilizado
FEIJÃO	FERAMT (1) <sup>1</sup>	0,0000	3,0000
EUCALIPTO	FERAMT (1) <sup>1</sup>	0,0000	6,0000

<sup>1</sup>Quantidade do N adicionado (g N/m<sup>2</sup>).

### 2.14 Parâmetros do TREE.100

Durante a implantação do eucalipto nas áreas de estudo, procedeu-se algumas alterações nos parâmetros do TREE.100 para aumentar a biomassa aérea e radicular a fim de similar aos valores encontrados na literatura. As alterações foram feitas segundo (Gatto et al., 2011) e Wink, (2013) (Tabela 3.8).

**Tabela 3.8.** Parâmetros do TREE.100 alterados na simulação pelo modelo century 4.5.

Cultura	Parâmetros	Valor Original	Valor Utilizado
ACN	PRDX (2) <sup>1</sup>	0,3000	0,2000
	FCFRAC (1,2) <sup>2</sup>	0,0000	0,1100
	FCFRAC (3,2) <sup>3</sup>	0,2000	0,0500
	FCFRAC (4,2) <sup>4</sup>	0,1550	0,1950
	LAITOP <sup>5</sup>	0,4700	0,3000
	WOODDR (1) <sup>6</sup>	0,3000	0,4000
	SNFXMX (2) <sup>7</sup>	0,0005	0,0031
AEU	PRDX (2)	0,5000	7,5000
	FCFRAC (1,1) <sup>8</sup>	0,3400	0,2000
	FCFRAC (2,1) <sup>9</sup>	0,4000	0,3000
	MAXLAI <sup>10</sup>	20,000	4,0000

WDLIG (2) <sup>11</sup>	0,2500	0,3000
-------------------------	--------	--------

<sup>1</sup>Quantidade de C adicionado na árvore; <sup>2</sup> quantidade de C adicionado nas folhas; <sup>3</sup> quantidade de C adicionado nos galhos finos; <sup>4</sup> quantidade de C adicionado nos galhos grossos; <sup>5</sup>relação do índice foliar com a produção florestal; <sup>6</sup>fração mensal da taxa de mortalidade para os componentes da floresta; <sup>7</sup>máxima fixação simbiótica da cultura (g N fixado por g<sup>-1</sup> C); <sup>8</sup>fração de C alocado para nova produção de floresta juvenil; <sup>9</sup>fração de C alocado para raízes finas; <sup>10</sup>Índice teórico máximo de área foliar alcançado em uma floresta madura; <sup>11</sup>fração lignina para componente florestal, leve.

Os demais parâmetros utilizados na simulação foram mantidos em seus valores originais. A cada nova alteração dos valores referentes aos parâmetros estudados, uma nova simulação de avaliação de saída do carbono e nitrogênio eram feitas até que seus valores se aproximassem dos observado em campo.

### 2.15 Validação do Modelo Century 4.5

A validação do modelo tem como objetivo fazer o ajuste para representar a realidade dos valores simulados para com os observados. Para a realização da validação utilizou-se valores provenientes de plantações de eucalipto do bioma cerrado em Latossolos Amarelo no município de Regeneração estado da Piauí.

Foi obtido cenários de manejo (.SCH), assim como dados referentes ao SITE.100. Os parâmetros do file.100 utilizados para a validação foram os mesmos utilizados na área de Luís Eduardo Magalhães, BA.

### 2.16 Variáveis de Saída Estudadas

Neste estudo foram consideradas as variáveis de saída referentes a dinâmica dos estoques de carbono e nitrogênio total. As variáveis de carbono foram: SOMSC (carbono orgânico total), SOM1 (2) (carbono do compartimento orgânico ativo do solo), SOM2C (carbono do compartimento orgânico lento do solo), SOM3C (carbono do compartimento orgânico passivo do solo), SOMSE (1) (nitrogênio total do solo), SOM1E (2,1) (nitrogênio do compartimento orgânico ativo do solo), SOM1E (2,1) (nitrogênio do compartimento orgânico lento do solo), SOM3E (1) (nitrogênio do compartimento orgânico passivo do solo).

### 2.17 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade constituiu na mudança de  $\pm 10\%$  nos valores de algumas variáveis de entrada com o objetivo de avaliar a sensibilidade das variáveis de entradas e

saídas do modelo. Foi dada ênfase aos parâmetros relacionados ao DEC'4, DEC'5, VARAT1 (1,1), VARAT1 (2,1) E VARAT1 (3,1).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Simulação de Equilíbrio

Os estoques de C e N simulados na área de cerrado nativo (ACN) encontra-se na tabela 3.9. Para a simulação de equilíbrio foram feitos alguns ajustes, de acordo com as condições edafoclimáticas do local, no arquivo das variáveis fixas (FIX.100) nos parâmetros DEC4, DEC5, OMLECH(1), OMLECH(3), VARAT1(1,1), VARAT1(2,1), VARAT1(3,1), VARAT2(1,1), VARAT2(2,1), VARAT2(3,1), VARAT3(1,1), VARAT3(2,1) E VARAT3(3,1) (Tabela 3.4) para que os estoques de C e N ficassem próximos aos valores observados no campo. Sem essas alterações não seria possível rodar o modelo para condições tropicais. Foram feitas alterações também no arquivo TREE.100 para que os estoques de C da biomassa e a produção primária se ajustasse de acordo com o cerrado nativo. Para a estabilização foi simulado num período de 5.000 anos, possibilitando a estabilização dos compartimentos.

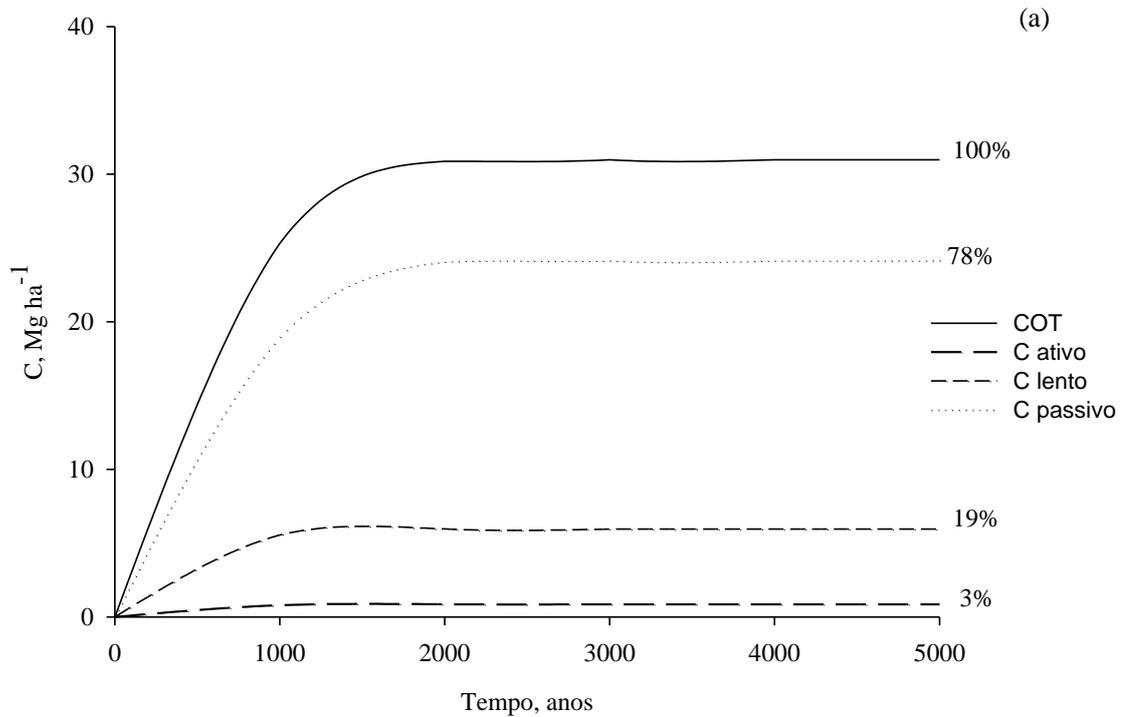
Na figura 3.1, verifica-se a dinâmica dos compartimentos de C e N na simulação de equilíbrio, sendo que, próximo ao ano de 3.000 anos os valores de C e N se estabilizaram em 31,24 e 5,04 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O C no compartimento ativo se estabilizou em 0,85 Mg ha<sup>-1</sup> (3% do COT). O estoque de C no compartimento passivo superou o do C lento em 18,3 Mg ha<sup>-1</sup>. O C passivo se estabilizou em 24,34 Mg ha<sup>-1</sup> que corresponde 78% do carbono orgânico total (COT), enquanto que o C lento em 6,04 Mg ha<sup>-1</sup> correspondendo a 19% do COT (Figura 3.1 e Tabela 3.9). Isso dar-se devido as constantes queimadas que ocorre no bioma Cerrado, aumentando, assim, as taxas de decomposição e mineralização e, conseqüentemente, aumentando o C no compartimento passivo da MOS.

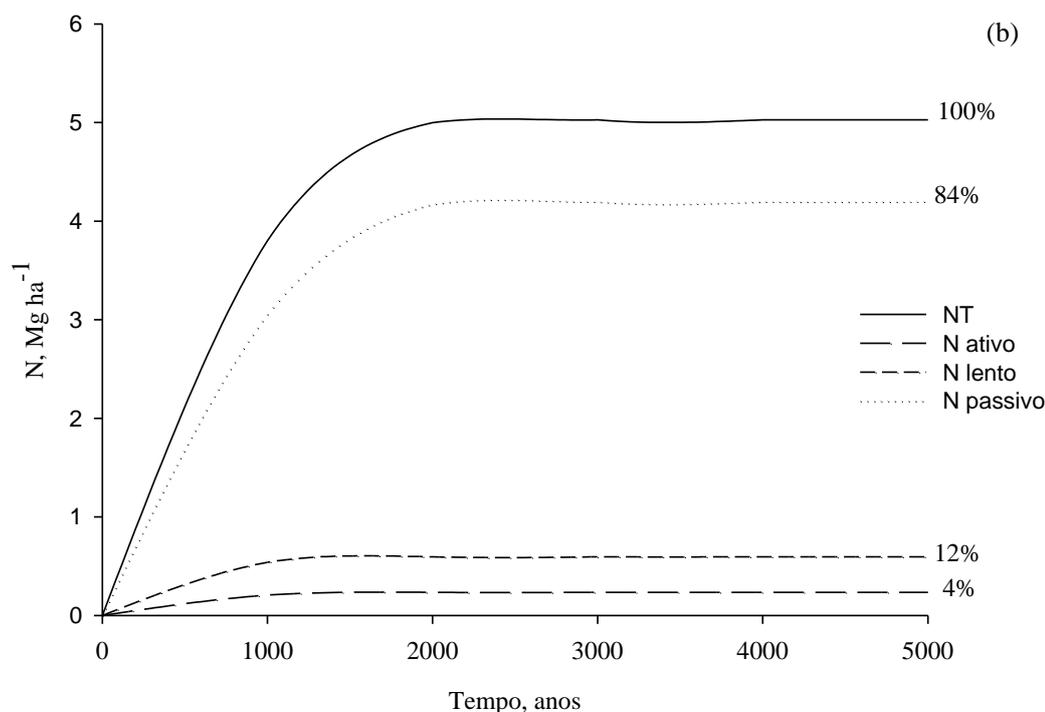
Com relação a dinâmica do N, a relação entre os compartimentos passivo e lento foram iguais ao do C. O N do compartimento ativo se estabilizou em 0,25 Mg ha<sup>-1</sup> (4% do NT). O N do compartimento passivo superou o N do compartimento lento em 3,6 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3.9). O N passivo se estabilizou em 4,20 Mg ha<sup>-1</sup> (84% do NT) enquanto que o N lento foi de apenas 0,59 Mg ha<sup>-1</sup> (12% do NT) (Figura 2b). As distribuições do N no compartimento passivo na área sob vegetação nativa corroboram com Oliveira, (2005) que observou 64,6% neste compartimento

As distribuições em proporções nos compartimentos estudados para a área de cerrado nativo estão próximas aos encontrados por Wendling et al., (2014) onde observaram que 90% do C estava no compartimento passivo e apenas 7% no

compartimento lento, enquanto que o N, 93% estava no compartimento passivo e 4% no lento em solos com teores de argila próximos aos 73%.

Os valores menores neste estudo em comparação aos valores encontrados por Wendling et al., (2014), podem estar relacionados a textura do solo, sendo que, neste estudo os teores de argila foram apenas de 24%, sendo que os menores teores de argila promovem menores estoques de C do compartimento lento devido a uma redução da estabilização do C por parte da fração argila.





**Figura 3.1.** Dinâmica dos compartimentos de C (a) e N (b) na simulação de equilíbrio de 5.000 anos da área de cerrado nativo (ACN) estimado pelo modelo Century 4.5.

**Tabela 3.9.** Valores simulados para carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) nos compartimentos ativo, lento e passivo em solos de cerrado (ACN) (simulação de equilíbrio), em Luís Eduardo Magalhães, BA.

Compartimentos	Estoques		Relação C/N
	Carbono	Nitrogênio	
	-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		
Ativo	0,85	0,25	3,40
Lento	6,04	0,59	10,23
Passivo	24,34	4,20	5,79
Total	31,24	5,04	6,19

### 3.2 Simulação do Período de Cultivos

A partir dos valores da simulação de equilíbrio, procedeu-se a simulação dos cenários apresentados na tabela 3.10 e figura 3.2. Observa-se a dinâmica do COT e NT, assim como em seus compartimentos ativo, lento e passivo a partir dos valores simulados até o final do ano de 2015, onde o modelo simulou as mudanças do uso do solo.

Para a simulação foram feitos ajustes no arquivo CULT.100, HARV.100, FERT.100 e TREE.100 (Tabelas 3.5, 3.6, 3.7 e 3.8, respectivamente) com o objetivo de aproximar os valores simulados com os observados em campo.

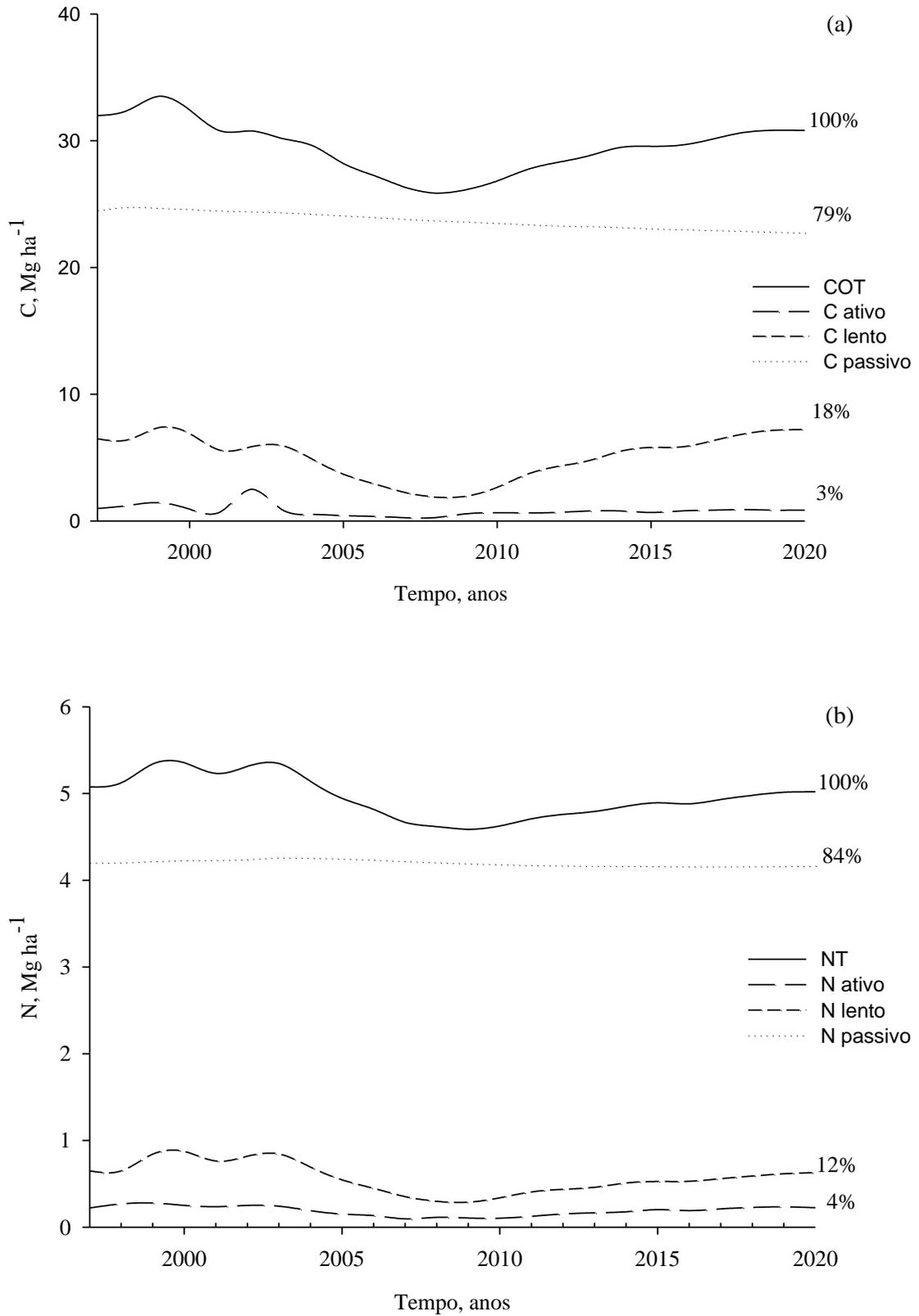
Na figura 3a, verifica-se que o C ativo ficou em  $0,59 \text{ Mg ha}^{-1}$ , o que representa 3% do COT, o C lento em  $5,41 \text{ Mg ha}^{-1}$ , representando 18% do COT e o C passivo se estabilizou em  $22,94 \text{ Mg ha}^{-1}$ , o que corresponde a 79% do COT. Assim como ocorreu na ACN, para a AEU o C passivo superou o C lento em  $17,53 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Com a derrubada do cerrado em 1997 e preparo do solo para implantação da cultura de arroz, feijão e eucalipto ao longo de 18 anos, os estoques de COT aumentaram consideravelmente nos primeiros anos de cultivo, porém, ao final de 2015 verifica-se que os estoques nos compartimentos ativo, lento e passivo simulados reduziram na ordem de 30%, 10% e 5,75%, respectivamente, em comparação a ACN. O COT reduziu  $2,28 \text{ Mg ha}^{-1}$ , o que representa 7,30%, quando comparados os valores simulados da ACN e AEU.

Com relação ao N, observa-se que, ao final do ano de 2015, o N nos compartimentos se estabilizou em  $0,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ ,  $0,47 \text{ Mg ha}^{-1}$  e  $4,11 \text{ Mg ha}^{-1}$  para o ativo, lento e passivo, respectivamente, o que representa 4%, 12% e 84% do NT (Figura 3b).

Em relação a ACN, verifica-se que ao final de 2015 houve decréscimo nos estoques de N na ordem de 40%, 20% e 1,9% para os compartimentos ativo, lento e passivo, respectivamente, quando comparados aos valores simulados da ACN. Tanto para ACN e para AEU as maiores perdas foram no compartimento ativo por ser mais lábil e relação aos demais e as menores perdas foi no compartimento passivo, por ser mais recalcitrante, portanto, maior resistência.

Para a relação C/N, verifica-se que o compartimento lento apresenta os maiores valores tanto sob área de cerrado nativo (ACN) e após 18 anos de cultivo com eucalipto (EUC) com 10/1 e 11/1, respectivamente (Tabela 3.10), sendo a que sofreu maior alteração. Para a relação C/N, não foi verificado diferença consideravelmente para a simulação em equilíbrio (ACN) e o uso do solo com eucalipto (AEU). Weber, (2010), trabalhando com culturas de colza e girassol ao longo de 13 anos e campo nativo, verificou resultados semelhantes para a relação C/N no compartimento lento, porém, observou redução desta variável quando comparado a área de uso do solo com a vegetação nativa.



**Figura 3.2** Dinâmica temporal dos compartimentos do C (a) e N (b) na simulação do período de 18 anos com cultivo de eucalipto pelo modelo Century 4.5.

**Tabela 3.10.** Valores simulados para carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) nos compartimentos ativo, lento e passivo em solos de eucalipto (AEU) (simulação de equilíbrio), em Luís Eduardo Magalhães, BA.

Compartimentos	Estoques		Relação C/N
	Carbono	Nitrogênio	
	-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		
Ativo	0,59	0,15	3,93
Lento	5,41	0,47	11,51
Passivo	22,94	4,11	5,58
Total	28,95	4,75	6,09

### 3.3 Comparação dos valores Simulados com os Observados

Os estoques de COT simulados foram próximos aos estoques medidos (Tabela 3.11). Para a ACN e AEU as diferenças entre os valores simulados e observados ficaram entre 3% e 1%, respectivamente, e dentro do limite de erro permitido pelo programa. Esses resultados corroboram com resultados de diversos trabalhos realizados em solos tropicais (Leite et al., 2004a; Leite et al., 2004b; Weber, 2010; Wendling et al., 2014; Costa, 2014). Esses resultados reforçam também a capacidade de o modelo simular com eficácia os estoques de COT em solos de cerrado.

O estoque de C estimado foi de 31,24 Mg ha<sup>-1</sup> na ACN estudado. Isso é similar aos valores observados pela amostragem e análise do estoque de carbono determinado em laboratório do campo nativo que ficou em 30,27 Mg ha<sup>-1</sup> com uma diferença de 0,97 Mg ha<sup>-1</sup>. Para o N, na ACN, o modelo também foi preciso com uma diferença de apenas menos de 0,1 Mg ha<sup>-1</sup> entre os valores simulados (5,04 Mg ha<sup>-1</sup>) e observados (5,10 Mg ha<sup>-1</sup>) (Figura 4a e b).

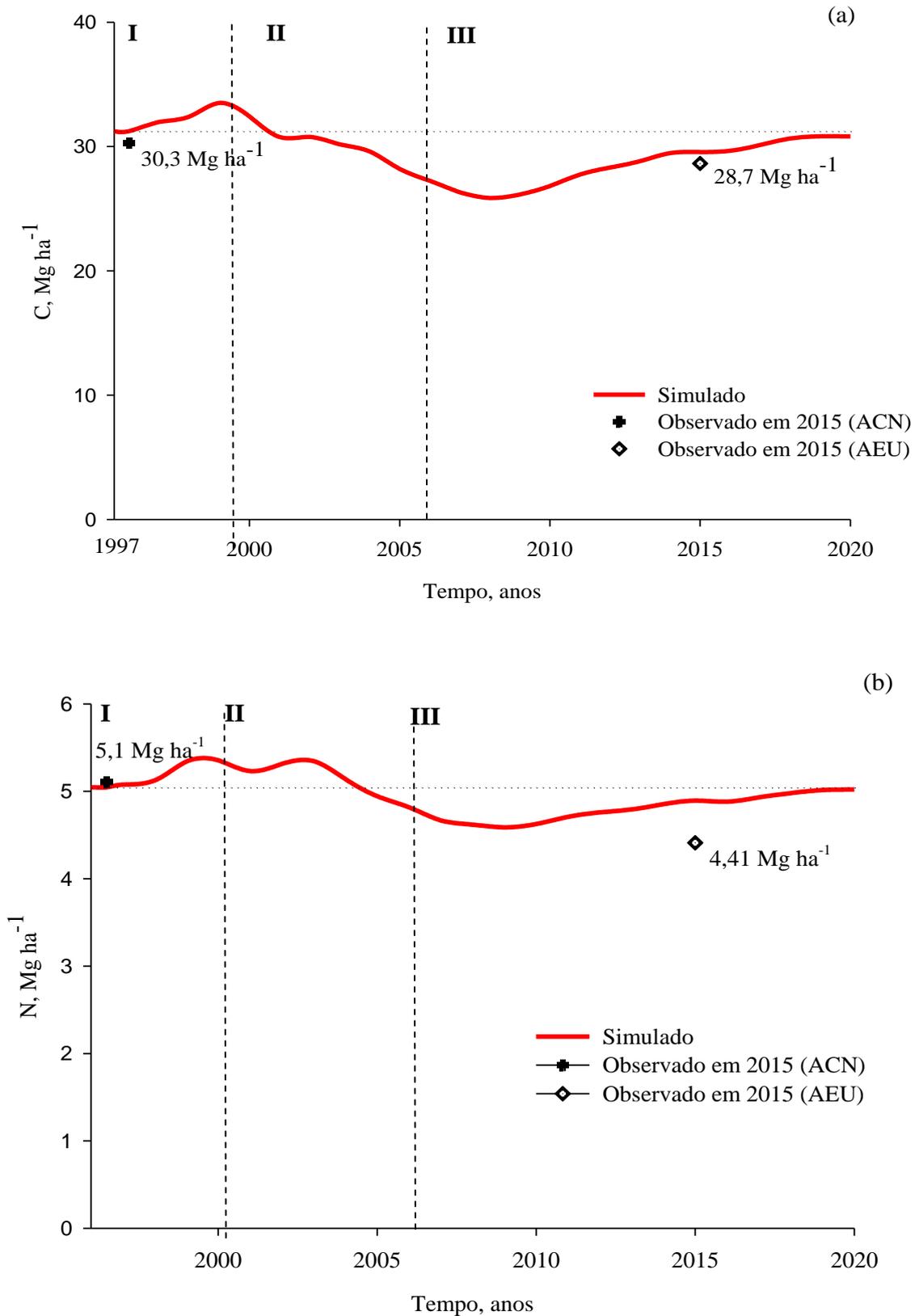
Com a derrubado do cerrado pode-se observar que, para o uso do solo, dividiu-se o cronograma temporal em três parte, I, II e III (Figura 3.3). Sendo a parte I de 1998 a 2000, cultivados com arroz e pousio, parte II de 2001 a 2006, sendo uso do solo com pousio e feijão e parte III, com a introdução da cultura do eucalipto no ano de 2007 até atualmente.

Com a derrubada do cerrado em 2007 para a implantação da cultura do arroz, houve aumentos, inicialmente nos três primeiros anos dos estoques de C e N, atingindo seu ápice no ano de 1999. Esse aumento dos estoques de carbono no início da derrubada do cerrado é normal, pois, o material vegetal de maior diâmetro é retirado e permanece no campo parte dos restos de galhos finos, folhas e até serapilheira que é incorporado ao solo através do processo da aração (Wendling et al., 2014). Porém, ao longo do tempo ocorre a redução da

matéria orgânica devido a maior decomposição deste material uma vez que fica mais exposto a atividade microbiana.

A substituição da cultura do arroz por feijão num determinado tempo causou o mesmo efeito, ou seja, fez com o que continuasse a redução nos estoques de C e N no solo (Figura 3.3a e b). Essa redução nos estoques de C e N no solo pode ser atribuído a uma menor produção de biomassa, pois, uma mesma cultura focou muito tempo sendo utilizada na mesma área, não sendo realizado a rotação de cultura, prática importante para proporcionar o aumento de material vegetal e, conseqüentemente, aumento nos estoques de C no solo (Debarba, 2002). Já a substituição da cultura do arroz por eucalipto e seu cultivo ao longo do tempo proporcionou aumento nos estoques de C e N, porém, ainda abaixo dos valores referentes a área de equilíbrio. O eucalipto dispensa operações revolvimento do solo, assim, matem a matéria orgânica do solo mais protegido fisicamente do ataque microbiano.

No ano de 2015 verifica-se com a AEU que o estoque de C estimado foi de 28,95 Mg ha<sup>-1</sup> e o observado em laboratório foi de 28,7 com uma diferença de apenas 0,32 Mg ha<sup>-1</sup>. Já para o estoque de N observou-se diferença de 0,34 Mg ha<sup>-1</sup> entre os valores simulados (4,75 Mg ha<sup>-1</sup>) pelo modelo e observados (4,41 Mg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 3.11).



**Figura 3.3** Estoque de C (a) e N (b) simulados pelo modelo century 4.4 e observados em laboratório em ACN e AEU. I, de 1998 – 2000, área sob arroz e pousio, II, de 2001 a 2006, área sob pousio e feijão e III, de 2007 até atualmente, plantação de eucalipto.

**Tabela 3.11.** Estoque de carbono (COT), nitrogênio (NT) e relação C/N simulados e observados na área de cerrado nativo (ACN) e área sob plantação de eucalipto (AEU) em Luís Eduardo Magalhães, BA.

Valor	Estoques		Relação C/N
	Carbono	Nitrogênio	
	-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		
Simulado (ACN)	31,24	5,04	6,2
Observado (ACN)	30,27	5,10	5,9
Simulado (AEU)	28,95	4,75	6,1
Observado (AEU)	28,639	4,41	6,4

### 3.4 Teste de Sensibilidade

As variáveis referentes as taxas de decomposição DEC4' foi a mais sensível do que DEC5' e VARAT1 devido apresentarem as maiores alterações observadas nos estoques de carbono e nitrogênio do solo (Tabela 3.12). Uma mudança de +10% no DEC4' resultou num decréscimo de 2,3 Mg ha<sup>-1</sup> (7%) nos estoques de COT. Já para uma mudança de -10%, houve aumento nos estoques de COT de aproximadamente 8%, saindo de 31,23 Mg.ha<sup>-1</sup> para 33,9 Mg.ha<sup>-1</sup>. Para o nitrogênio, essas mudanças ficaram em torno de 7,5 a 8,5% com modificações para -10 e +10%. O DEC5' apresentou maior sensibilidade para os estoques de COT e menor para o nitrogênio.

De forma geral, observou que os VARAT1 foram responsáveis pela mudança para os estoques de nitrogênio, embora suas mudanças não tenham ultrapassados dos 5%.

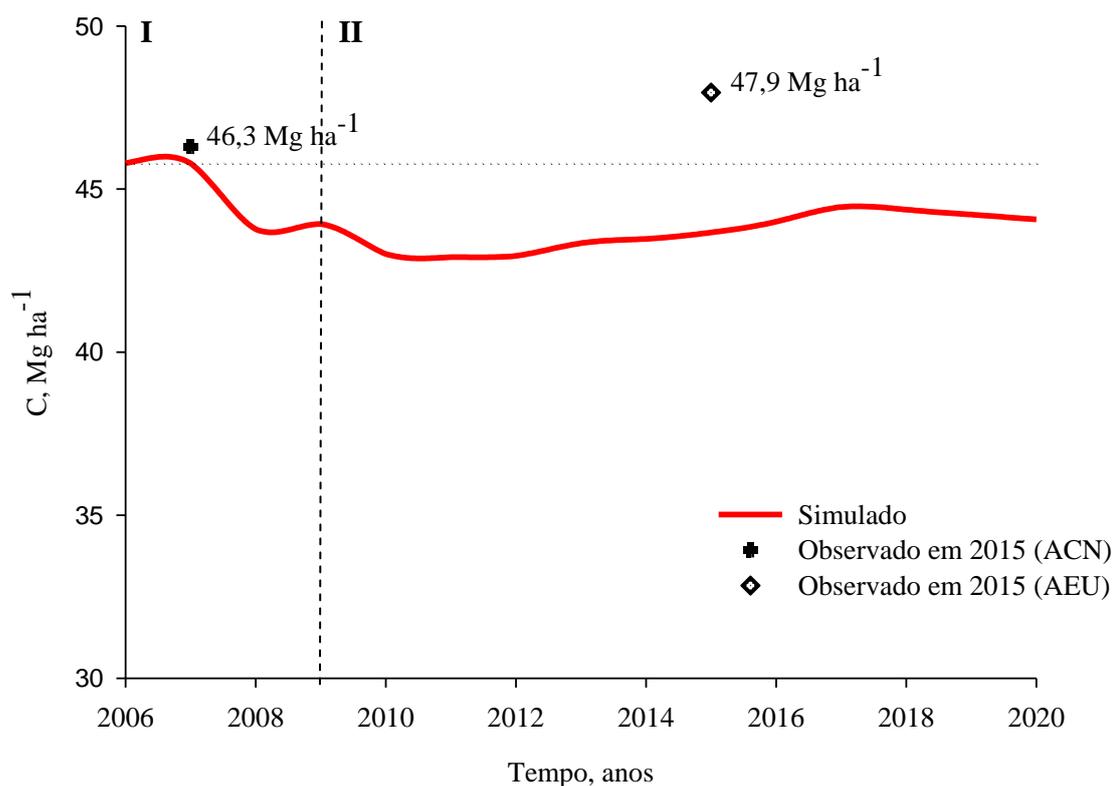
**Tabela 3.12.** Teste de Sensibilidade para FIX.

<b>Símbolo</b>	<b>Valor de Referência<sup>1</sup></b>	<b>Valor Simulado COS</b>	<b>Valor Simulado NT</b>	<b>Valor Simulado C-Biomassa</b>	<b>Valores ±10</b>	<b>COS</b>	<b>NT</b>	<b>C-Biomassa</b>	<b>Intervalo Valores Simulados<sup>2</sup></b>	<b>Intervalo dos Valores Simulados<sup>3</sup></b>
		-----Mg.ha <sup>-1</sup> -----				---Mg.ha <sup>-1</sup> ---			-----%-----	
DEC4'	0.0085	31,23	5,04	8,83	0.00935	29,0	5,5	-	7,0	-8,5
DEC4'		31,23	5,04	8,83	0.00765	33,9	4,6	-	-7,9	7,5
DEC5'	0.6090	31,23	5,04	8,83	0.66990	30,6	4,9	-	2,0	0,9
DEC5'		31,23	5,04	8,83	0.54810	31,9	5,1	-	-2,1	-1,3
VARAT1 (1,1)	9.0000	31,23	5,04	8,83	9.90000	30,9	4,9	-	1,0	2,7
VARAT1 (1,1)		31,23	5,04	8,83	8.10000	30,9	4,9	-	1,0	2,7
VARAT1 (2,1)	2.000	31,23	5,04	8,83	2.20000	31,1	4,8	-	-0,4	4,7
VARAT1 (2,1)		31,23	5,04	8,83	1.80000	30,8	5,0	-	1,3	0,7
VARAT1 (3,1)	1.500	31,23	5,04	8,83	1.65000	31,1	4,9	-	0,4	2,7
VARAT1 (3,1)		31,23	5,04	8,83	1.35000	31,0	4,9	-	0,3	2,7

<sup>1</sup>Valor usado da calibração; <sup>2</sup>Diferença para os valores de C; <sup>3</sup>Diferença para os valores de N

### 3.5 Validação

Para a validação foi considerado os dados do município de Regeneração, estado do Piauí nas mesmas condições de bioma, solo e cultivo. O modelo usado validou os dados referentes aos estoques de C nas plantações de eucalipto, sendo os valores observados na ordem de  $47,96 \text{ Mg ha}^{-1}$ , enquanto que os valores simulados ficaram em  $43,67 \text{ Mg ha}^{-1}$ , apresentando erro de até 8,9%, o que é permitido pelo modelo (figura 3.4). Logo, para os estoques de N não foi verificado o mesmo comportamento. Talvez, as várias entradas e saídas de N no sistema tenha dificultado a validação dos dados.



**Figura 3.4** Valores de validação referente aos estoques de C simulados pelo modelo century4.5 e observados em laboratório em ACN e AEU. I, ano de 2007, área sob arroz e pousio, II, de 2009 a 2015, área sob plantação de eucalipto no município de Regeneração, PI.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que o modelo Century é satisfatório para a realizar representações dos estoques de carbono e nitrogênio para as ACN e AEU, onde os erros ficaram inferiores a 1% para carbono e 4% para nitrogênio, tendo os maiores estoques de carbono e nitrogênio nos compartimentos passivos da MOS;

A substituição da ACN por AEU, ao longo de 8 anos é capaz de aumentar os estoques de C e N no solo equilibrando com a áreas sob vegetação nativa;

Os parâmetros do modelo Century que apresentam mais sensibilidade foram DEC'4 e VARAT3 (1,1) aumentando os valores de C e N superiores a 7% e 2.7%, respectivamente.

O modelo foi satisfatório para a validação apenas para os estoques de C, não ocorrendo o mesmo para o N.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTHOFF, T. D. **Calibração do Century para simulação da ciclagem de carbono em uma área de caatinga preservada no sertão paraibano**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BARRETO, P. A. B. et al. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em sequência de idades. **Rev Bras de Ci. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 611-619. mar./apr. 2008.

BUSTAMANTE, M. M. C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; ROSCOE, R. Soil carbono and sequestration potencial 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**, 285-304, 2006.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. de.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Rev. Bras. de Ci. Solo**, Viçosa, 34:611-619, 2010.

CASTRO, K. B. de.; MARTINS, E. de. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; LOPES, C. A.; PASSO, D. P.; LIMA, L. A. de. S.; CARDOSO, W. dos. S.; CARVALHO JUNIOR, O. B.; GOMES, R. A. T. **Caracterização geomorfológica do município de Luis Eduardo Magalhães, Oeste Baiano, escala 1:100.000**. Planaltina, Empresa Agropecuária Brasileira. 2010, 32p.

COSTA, C. do. N. **Variabilidade espacial dos estoques de carbono e nitrogênio do solo sob plantio direto e convencional e sua simulação pelo modelo century**. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Piauí, Teresina.

CÉSPEDES-PAYRET C, PIÑERO G, GUTIÉRREZ O, PANARIO D. Land use change in temperate grassland soil: afforestation effects on chemical properties and their ecological and mineral implications. **Sci Total Environ**. 2012;438:549-57.

DEBARBA, L. **Simulação pelo modelo century do impacto da agricultura sobre os estoques de carbono orgânico em solos do Planalto Riograndense**. Doctor Science Thesis, UFRGS, Porto Alegre, 2002. 172 p.

DIAS, R. R. A. **Modelagem dos estoques de carbono do solo sob diferentes coberturas na região do cerrado**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade de Brasília, Brasília.

DIECKOW, J., BAYER, C., CONCEIÇÃO, P.C., ZANATTA, J.A., MARTIN-NETO, L., MILORI, D.B.M., SALTON, J.C., MACEDO, M.M., MIELNICZUK, J., HERNANI, L.C. Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. **Eur. J. Soil Sci.** 2009;60: 240–249.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, Canada, v. 75, n. 4, p. 529-538. nov. 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa; 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos e análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GATTO, A. BARROS, N. F. de.; NOVAIS, R. F. de.; SILVA, I. R. da.; LEITE, H. G.; VILLANI, E. M. de. A. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 35, 4:895-905, 2011.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, P.L.O.A.; FERNANDES FILHO, E.I. & NEVES, J.C.L. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. **Geoderma**, 120:283-295, 2004.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. D. S.; MACHADO, P. L. O. D. A.; FILHO, E. J. F.; NEVES, J. C. L. Simulating trends in soil organic carbon of na Acrisol under no-tillage and displow systems using the Century model. **Geoderma**, 120: 283:295, 2004a.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. D. S.; MACHADO, P. L. O. D. A.; NEVES, J. C. L.; FERNANDES FILHO, E. J. Simulação pelo modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um argissolo sob adubação mineral e orgânica. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 28(2): 347-358, 2014b.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do distrito federal. **Revista Árvore**. Viçosa, n. 35, 3:527-538, 2011.

PARTON, W. J.; STEWART, J. W. B.; COLE, C. V. Dynamics of C, N, S and P in grassland soils: a model. **Biogeochemistry**, v. 5, p. 109-131, 1987.

RIBEIRO, S. C. **Estoques de biomassa e carbono em Cerrado e em plantio comercial de eucalipto no estado de Minas Gerais**. 2011. 60 f. Tese (Doutorado em Produção Florestal), Universidade Federal de Viçosa, MG.

TORNQUIST, C.G. **Simulação da dinâmica do carbono orgânico do solo em escala regional: aplicação do modelo Century e sistemas de informações geográficas**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2007. 156p. (Tese Doutorado)

WEBER, M. A. **Parametrização e validação do ciclo do carbono e do nitrogênio do modelo Century 4.5 com experimentos de longa duração em um Argissolo do sul do Brasil**. 2010. 170 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre.

WINK, C. **Dinâmica do carbono e nitrogênio em argissolos com plantações de eucalyptus sp.** 2013. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de. S.; ALMEIDA, R. F. de; ALVARENGA, R. C. Simulação dos estoques de Carbono e Nitrogênio pelo Modelo

Century em Latossolos, no Cerrado Brasileiro. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 238-248. abr./jun. 2014.

WENDLING, B. **Carbono e nitrogênio no solo sob diferentes usos e manejos e sua modelagem pelo modelo century**. 2007. Tese (doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa.

## CONCLUSÕES GERAIS

Esta pesquisa demonstrou que solos, sob as características edafoclimática do cerrado no Oeste da Bahia, estão sujeitos a variações intensas em função das possíveis alterações das diferentes formas de uso.

Os usos distintos, substituindo as áreas de cerrado nativo induziram mudanças que puderam ser detectadas por meio das alterações nos estoques de C do solo e nos diferentes compartimentos químicos da MOS, assim como nos estoques de N. Essas alterações podem ser intensificadas ao longo dos anos de forma que seus estoques possam aumentar ou diminuir dependente da forma de uso adotada.

No solo sob plantio direto o cultivo sem revolvimento há 4 anos leva a incrementos nos estoques de carbono e nitrogênio na camada superficial em comparação as demais formas de uso do solo. Essa deposição de carbono pode ser atribuída ao aporte de resíduos que auxiliam na incorporação da MOS. Já quando, substitui as áreas de vegetações nativas pelo eucalipto, verifica-se que ao longo de 8 anos em camadas mais profundas ocorre aumentos nos estoques de carbono graças a deposição de carbono via serapilheira e sistema radicular da própria cultura.

A distribuição das frações químicas da MOS mostrou predomínio da fração humina em todas as formas de uso, exceto a com plantio convencional, na profundidade de até 5 cm e para eucalipto na profundidade abaixo de 20 cm, sugerindo que a manutenção da matéria orgânica nessas formas de uso do solo ocorre em função da recalcitrância bioquímica. Já solos sob uso mais intensivo, como convencional, houve maior partição do carbono na fração mais humificada, ou seja, na fração dos ácidos húmicos.

Os resultados em relação ao IMC mostram que eucalipto e áreas sob pastagem contribuem como indicativos positivos no aporte de carbono nas profundidades superficiais.

A análise espectroscópica de IF-TF em amostras de solos e MOL mostrou a presença de diferentes grupos funcionais, sendo que área sob uso de plantio direto favorece a redução no grau de resistência para profundidades superficiais e sob eucalipto com materiais mais recalcitrantes, portanto mais resistente ao processo de humificação.

O programa Century4.5 simula de forma satisfatória os estoques de C e N para o Cerrado em Latossolo Amarelo com erros inferiores ao aceitável pelo modelo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca do conhecimento referentes as formas de uso do solo que possam substituir a vegetação nativa no cerrado nordestino são de fundamental importância para compreender o funcionamento do ciclo biogeoquímico do carbono e nitrogênio, pois, com a abertura de novas fronteiras agrícolas, as chegadas de novas culturas são marcantes no âmbito qualidade do solo.

A qualidade do carbono estocado no solo do cerrado e que é transformada em CO<sub>2</sub> pode gerar consequências para o ambiente e isso é preocupante neste bioma, visto que nas últimas décadas o uso e ocupação, a que esses solos estão sendo submetidos, ganham destaque em algumas partes do Nordeste, como é o exemplo da Bahia.

Os resultados deste trabalho mostram que as formas de uso do solo que adotam práticas conservacionistas, assim como uso e manutenção de culturas ao longo do tempo, como o plantio direto e cultivo do eucalipto, configuram uma alternativa para maximizar um retorno da biomassa ao solo e, conseqüentemente, os estoques de carbono e nitrogênio na matéria orgânica e em seus compartimentos, mitigando, assim, o efeito estufa.

Diante desses resultados, esperando contribuir para a construção de novas pesquisas como estudar as dimensões de eventos de uso do solo no cerrado da Bahia, como consequência de armazenagem de carbono e nitrogênio, quantificar a manutenção das características humificantes do solo sob ação antropizada e simular os efeitos dessas formas de uso do solo nos estoques do carbono no solo e nos diferentes tipos de biomassa aérea e radicular.

**APÊNDICES**

**Apêndice A.** Parâmetro do SITE.100 chamado BARREIRAS.100 para a realização da simulação pelo modelo Century4.5.

KNZ Konza

\*\*\* Climate parameters

18.0167	'PRECIP(1)'
15.8083	'PRECIP(2)'
15.8130	'PRECIP(3)'
9.6072	'PRECIP(4)'
1.9883	'PRECIP(5)'
0.3606	'PRECIP(6)'
0.0781	'PRECIP(7)'
0.0609	'PRECIP(8)'
1.8476	'PRECIP(9)'
7.9704	'PRECIP(10)'
18.7119	'PRECIP(11)'
18.1287	'PRECIP(12)'
11.2122	'PRCSTD(1)'
11.2648	'PRCSTD(2)'
14.3629	'PRCSTD(3)'
13.8254	'PRCSTD(4)'
2.4897	'PRCSTD(5)'
1.2013	'PRCSTD(6)'
0.2586	'PRCSTD(7)'
0.2450	'PRCSTD(8)'
2.9962	'PRCSTD(9)'
6.2168	'PRCSTD(10)'
8.7939	'PRCSTD(11)'
8.6198	'PRCSTD(12)'
0.7877	'PRCSKW(1)'
1.2129	'PRCSKW(2)'
3.0374	'PRCSKW(3)'
4.9323	'PRCSKW(4)'
1.6497	'PRCSKW(5)'
4.0063	'PRCSKW(6)'
3.9897	'PRCSKW(7)'

5.1595	'PRCSKW(8)'
2.2269	'PRCSKW(9)'
0.9420	'PRCSKW(10)'
0.2184	'PRCSKW(11)'
-0.2133	'PRCSKW(12)'
20.3241	'TMN2M(1)'
20.7111	'TMN2M(2)'
20.4080	'TMN2M(3)'
20.1033	'TMN2M(4)'
17.8811	'TMN2M(5)'
15.6006	'TMN2M(6)'
14.5730	'TMN2M(7)'
15.1793	'TMN2M(8)'
18.3520	'TMN2M(9)'
20.7631	'TMN2M(10)'
20.8843	'TMN2M(11)'
20.5622	'TMN2M(12)'
31.3115	'TMX2M(1)'
31.3230	'TMX2M(2)'
31.3550	'TMX2M(3)'
31.6828	'TMX2M(4)'
31.8411	'TMX2M(5)'
31.4213	'TMX2M(6)'
31.9739	'TMX2M(7)'
33.5228	'TMX2M(8)'
35.2863	'TMX2M(9)'
34.5845	'TMX2M(10)'
32.1919	'TMX2M(11)'
31.2737	'TMX2M(12)'
*** Site and control parameters	
0.00000	'IVAUTO'
1.00000	'NELEM'
-39.52000	'SITLAT'
-98.00000	'SITLNG'
0.71400	'SAND'

0.04100	'SILT'
0.24100	'CLAY'
0.00000	'ROCK'
1.08000	'BULKD'
8.00000	'NLAYER'
8.00000	'NLAYPG'
1.00000	'DRAIN'
0.30000	'BASEF'
0.60000	'STORMF'
8.00000	'PRECRO'
0.15000	'FRACRO'
1.00000	'SWFLAG'
0.20000	'AWILT(1)'
0.20000	'AWILT(2)'
0.20000	'AWILT(3)'
0.20000	'AWILT(4)'
0.20000	'AWILT(5)'
0.20000	'AWILT(6)'
0.20000	'AWILT(7)'
0.20000	'AWILT(8)'
0.20000	'AWILT(9)'
0.30000	'AWILT(10)'
0.30000	'AFIEL(1)'
0.30000	'AFIEL(2)'
0.30000	'AFIEL(3)'
0.30000	'AFIEL(4)'
0.30000	'AFIEL(5)'
0.30000	'AFIEL(6)'
0.30000	'AFIEL(7)'
0.30000	'AFIEL(8)'
0.30000	'AFIEL(9)'
0.00000	'AFIEL(10)'
5.10000	'PH'
1.00000	'PSLSRB'
10.00000	'SORPMX'

## \*\*\* External nutrient input parameters

0.05000 'EPNFA(1)'  
 0.00540 'EPNFA(2)' era 0.0042  
 30.0000 'EPNFS(1)'  
 0.01350 'EPNFS(2)' era 0.0080  
 0.00000 'SATMOS(1)'  
 0.00000 'SATMOS(2)'  
 0.00000 'SIRRI'

## \*\*\* Organic matter initial values

00.00000 'SOM1CI(1,1)'  
 0.00000 'SOM1CI(1,2)'  
 000.00000 'SOM1CI(2,1)'  
 0.00000 'SOM1CI(2,2)'  
 0000.00000 'SOM2CI(1)'  
 0.00000 'SOM2CI(2)'  
 0000.00000 'SOM3CI(1)'  
 0.00000 'SOM3CI(2)'  
 00.00000 'RCES1(1,1)'  
 00.00000 'RCES1(1,2)'  
 00.00000 'RCES1(1,3)'  
 00.00000 'RCES1(2,1)'  
 00.00000 'RCES1(2,2)'  
 00.00000 'RCES1(2,3)'  
 00.00000 'RCES2(1)'  
 000.00000 'RCES2(2)'  
 000.00000 'RCES2(3)'  
 0.00000 'RCES3(1)'  
 00.00000 'RCES3(2)'  
 00.00000 'RCES3(3)'  
 100.00000 'CLITTR(1,1)'  
 0.00000 'CLITTR(1,2)'  
 100.00000 'CLITTR(2,1)'  
 0.00000 'CLITTR(2,2)'  
 88.00000 'RCELIT(1,1)'  
 300.00000 'RCELIT(1,2)'

300.00000	'RCELIT(1,3)'
66.00000	'RCELIT(2,1)'
300.00000	'RCELIT(2,2)'
300.00000	'RCELIT(2,3)'
0.00000	'AGLCIS(1)'
0.00000	'AGLCIS(2)'
0.00000	'AGLIVE(1)'
0.00000	'AGLIVE(2)'
0.00000	'AGLIVE(3)'
200.00000	'BGLCIS(1)'
0.00000	'BGLCIS(2)'
1.50000	'BGLIVE(1)'
0.45000	'BGLIVE(2)'
0.45000	'BGLIVE(3)'
50.00000	'STDCIS(1)'
0.00000	'STDCIS(2)'
0.80000	'STDEDE(1)'
0.20000	'STDEDE(2)'
0.20000	'STDEDE(3)'

\*\*\* Forest organic matter initial parameters

0.00000	'RLVCIS(1)'
0.00000	'RLVCIS(2)'
0.00000	'RLEAVE(1)'
0.00000	'RLEAVE(2)'
0.00000	'RLEAVE(3)'
0.00000	'FBRCIS(1)'
0.00000	'FBRCIS(2)'
0.00000	'FBRCHE(1)'
0.00000	'FBRCHE(2)'
0.00000	'FBRCHE(3)'
0.00000	'RLWCIS(1)'
0.00000	'RLWCIS(2)'
0.00000	'RLWODE(1)'
0.00000	'RLWODE(2)'
0.00000	'RLWODE(3)'

0.00000	'FRTCIS(1)'
0.00000	'FRTCIS(2)'
0.00000	'FROOTE(1)'
0.00000	'FROOTE(2)'
0.00000	'FROOTE(3)'
0.00000	'CRTCIS(1)'
0.00000	'CRTCIS(2)'
0.00000	'CROOTE(1)'
0.00000	'CROOTE(2)'
0.00000	'CROOTE(3)'
0.00000	'WD1CIS(1)'
0.00000	'WD1CIS(2)'
0.00000	'WD2CIS(1)'
0.00000	'WD2CIS(2)'
0.00000	'WD3CIS(1)'
0.00000	'WD3CIS(2)'
*** Mineral initial parameters	
0.25000	'MINERL(1,1)'
0.00000	'MINERL(2,1)'
0.00000	'MINERL(3,1)'
0.00000	'MINERL(4,1)'
0.00000	'MINERL(5,1)'
0.00000	'MINERL(6,1)'
0.00000	'MINERL(7,1)'
0.00000	'MINERL(8,1)'
0.00000	'MINERL(9,1)'
0.00000	'MINERL(10,1)'
0.50000	'MINERL(1,2)'
0.00000	'MINERL(2,2)'
0.00000	'MINERL(3,2)'
0.00000	'MINERL(4,2)'
0.00000	'MINERL(5,2)'
0.00000	'MINERL(6,2)'
0.00000	'MINERL(7,2)'
0.00000	'MINERL(8,2)'

0.00000	'MINERL(9,2)'
0.00000	'MINERL(10,2)'
0.50000	'MINERL(1,3)'
0.00000	'MINERL(2,3)'
0.00000	'MINERL(3,3)'
0.00000	'MINERL(4,3)'
0.00000	'MINERL(5,3)'
0.00000	'MINERL(6,3)'
0.00000	'MINERL(7,3)'
0.00000	'MINERL(8,3)'
0.00000	'MINERL(9,3)'
0.00000	'MINERL(10,3)'
0.00000	'PARENT(1)'
50.00000	'PARENT(2)'
50.00000	'PARENT(3)'
0.00000	'SECNDY(1)'
15.00000	'SECNDY(2)'
2.00000	'SECNDY(3)'
0.00000	'OCCLUD'
*** Water initial parameters	
0.00000	'RWCF(1)'
0.00000	'RWCF(2)'
0.00000	'RWCF(3)'
0.00000	'RWCF(4)'
0.00000	'RWCF(5)'
0.00000	'RWCF(6)'
0.00000	'RWCF(7)'
0.00000	'RWCF(8)'
0.00000	'RWCF(9)'
0.00000	'RWCF(10)'
0.00000	'SNLQ'
0.00000	'SNOW'

**Apêndice B.** Organização do arquivo NATIVA.SCH formando o cenário para estabilização utilizado no modelo Century4.5.

1 Starting year  
 5000 Last year  
 barreiras.100 Site file name  
 0 Labeling type  
 -1 Labeling year  
 -1.00 Microcosm  
 -1 CO2 Systems  
 -1 pH shift  
 -1 Soil Warming  
 0 N input scalar option  
 0 OMAD scalar option  
 0 Climate scalar option  
 3 Initial system  
 HER Initial crop  
 CER Initial tree

#### Year Month Option

1 Block # Temperate Savanna  
 5000 Last year  
 5 Repeats # years  
 4995 Output starting year  
 1 Output month  
 1 Output interval  
 M Weather choice  
 1 1 CROP  
 HER  
 1 1 FRST  
 1 1 TREE  
 CER  
 1 1 TFST  
 1 5 LAST  
 1 5 SENM  
 1 9 FRST

1 9 TFST  
1 12 TLST  
2 1 CROP

HER

2 1 FRST  
2 1 TREE

CER

2 1 TFST  
2 5 LAST  
2 5 SENM  
2 9 FRST  
2 9 TFST  
2 12 TLST  
3 1 CROP

HER

3 1 FRST  
3 1 TREE

CER

3 1 TFST  
3 5 LAST  
3 5 SENM  
3 9 FRST  
3 9 TFST  
3 12 TLST  
4 1 CROP

HER

4 1 FRST  
4 1 TREE

CER

4 1 TFST  
4 5 LAST  
4 5 SENM  
4 9 FRST  
4 9 TFST  
4 12 TLST

5 1 CROP

HER

5 1 FRST

5 1 TREE

CER

5 1 TFST

5 5 LAST

5 5 SENM

5 7 FIRE

FOG

5 9 FRST

5 9 TFST

5 12 TLST

-999 -999 X

**Apêndice C.** Organização do arquivo EUCAL.SCH formando o cenário para calibração utilizado no modelo Century4.5.

1 Starting year

2020 Last year

barreiras.100 Site file name

0 Labeling type

-1 Labeling year

-1.00 Microcosm

-1 CO2 Systems

-1 pH shift

-1 Soil Warming

0 N input scalar option

0 OMAD scalar option

0 Climate scalar option

3 Initial system

HER Initial crop

CER Initial tree

Year Month Option

1 Block # Temperate Savanna

1960      Last year  
 5         Repeats # years  
 1         Output starting year  
 1         Output month  
 1         Output interval  
 M         Weather choice  
     1 1 CROP  
 HER  
     1 1 FRST  
     1 1 TREE  
 CER  
     1 1 TFST  
     1 5 LAST  
     1 5 SENM  
     1 9 FRST  
     1 9 TFST  
     1 12 TLST  
     2 1 CROP  
 HER  
     2 1 FRST  
     2 1 TREE  
 CER  
     2 1 TFST  
     2 5 LAST  
     2 5 SENM  
     2 9 FRST  
     2 9 TFST  
     2 12 TLST  
     3 1 CROP  
 HER  
     3 1 FRST  
     3 1 TREE  
 CER  
     3 1 TFST  
     3 5 LAST

3 5 SENM  
 3 9 FRST  
 3 9 TFST  
 3 12 TLST  
 4 1 CROP  
 HER  
 4 1 FRST  
 4 1 TREE  
 CER  
 4 1 TFST  
 4 5 LAST  
 4 5 SENM  
 4 9 FRST  
 4 9 TFST  
 4 12 TLST  
 5 1 CROP  
 HER  
 5 1 FRST  
 5 1 TREE  
 CER  
 5 1 TFST  
 5 5 LAST  
 5 5 SENM  
 5 7 FIRE  
 FOG  
 5 9 FRST  
 5 9 TFST  
 5 12 TLST  
 -999 -999 X  
 2       Block # Cerrado  
 1996     Last year  
 5       Repeats # years  
 1961     Output starting year  
 1       Output month  
 1       Output interval

F Weather choice

barclima.wth

1 1 CROP

HER

1 1 FRST

1 1 TREE

CER

1 1 TFST

1 5 LAST

1 5 SENM

1 9 FRST

1 9 TFST

1 12 TLST

2 1 CROP

HER

2 1 FRST

2 1 TREE

CER

2 1 TFST

2 5 LAST

2 5 SENM

2 9 FRST

2 9 TFST

2 12 TLST

3 1 CROP

HER

3 1 FRST

3 1 TREE

CER

3 1 TFST

3 5 LAST

3 5 SENM

3 9 FRST

3 9 TFST

3 12 TLST

4 1 CROP

HER

4 1 FRST

4 1 TREE

CER

4 1 TFST

4 5 LAST

4 5 SENM

4 9 FRST

4 9 TFST

4 12 TLST

5 1 CROP

HER

5 1 FRST

5 1 TREE

CER

5 1 TFST

5 5 LAST

5 5 SENM

5 7 FIRE

FOG

5 9 FRST

5 9 TFST

5 12 TLST

-999 -999 X

3 Block # Corte do Cerrado

1997 Last year

1 Repeats # years

1997 Output starting year

1 Output month

1 Output interval

C Weather choice

1 1 CROP

HER

1 1 FRST

1 1 TREE  
CER  
1 1 TFST  
1 4 LAST  
1 6 TLST  
1 6 TREM  
CDC  
1 6 FIRE  
H  
-999 -999 X  
4 Block # Cerrado  
2000 Last year  
2 Repeats # years  
1998 Output starting year  
1 Output month  
1 Output interval  
C Weather choice  
1 7 CROP  
E  
1 7 PLTM  
1 7 FRST  
1 8 SENM  
1 9 LAST  
1 9 CULT  
ARAR  
1 10 CULT  
GRAD  
1 12 CROP  
RICE  
1 12 PLTM  
1 12 FRST  
2 1 LAST  
2 1 SENM  
2 3 HARV  
ARROZ

2 4 CROP  
 E  
 2 4 PLTM  
 2 4 FRST  
 2 5 SENM  
 2 6 LAST  
 -999 -999 X  
 5       Block # Cerrado  
 2006     Last year  
 3       Repeats # years  
 2001     Output starting year  
 1       Output month  
 1       Output interval  
 C       Weather choice  
 1 9 CULT  
 ARAR  
 1 10 CULT  
 GRAD  
 1 12 CROP  
 FEI  
 1 12 PLTM  
 1 12 FERT  
 N2  
 1 12 FRST  
 2 1 SENM  
 2 1 LAST  
 2 3 HARV  
 GF  
 2 4 CROP  
 E  
 2 6 PLTM  
 2 6 FRST  
 2 8 SENM  
 2 9 LAST  
 -999 -999 X

6       Block # Cerrado  
2020     Last year  
1       Repeats # years  
2007     Output starting year  
1       Output month  
1       Output interval  
C       Weather choice  
    1 1 TREE  
EUCA  
    1 1 TFST  
    1 1 FERT  
N1  
    1 5 LAST  
    1 5 SENM  
    1 5 FRST  
    1 5 TLST  
-999 -999 X

