

JANE KELLY SILVA ARAUJO

**LATOSSOLOS COM HORIZONTE A HÚMICO NA PROVÍNCIA
BORBOREMA: CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS E DA MATÉRIA ORGÂNICA**

Recife-PE

2014

JANE KELLY SILVA ARAUJO

LATOSSOLOS COM HORIZONTE A HÚMICO NA PROVÍNCIA BORBOREMA:
CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS E DA MATÉRIA ORGÂNICA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo.

Orientador:

Valdomiro Severino de Souza Júnior, Dr.

Recife-PE

2014

Ficha Catalográfica

A663I

Araujo, Jane Kelly Silva

Latossolos com horizonte A húmico na Província
Borborema: caracterização de solos e da matéria orgânica /
Jane Kelly Silva Araujo. -- Recife, 2014.
149 f. : il.

Orientador (a): Valdomiro Severino de Souza Júnior.
Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) -
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Agronomia, Recife, 2014.
Inclui apêndice(s) e referência.

1. Latossolos amarelos húmicos 2. Brejos de altitude
3. Atividade microbiana 4. FTIR 5. Análise termogravimétrica
I. Souza Júnior, Valdomiro Severino de, Orientador II. Título

CDD 631.4

JANE KELLY SILVA ARAUJO

LATOSSOLOS COM HORIZONTE A HÚMICO NA PROVÍNCIA BORBOREMA:
CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS E DA MATÉRIA ORGÂNICA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo.

Aprovada em 04 de fevereiro de 2014.

Orientador:

Valdomiro Severino de Souza Júnior, Dr.

Examinadores:

Flávio Adriano Marques, Dr.

José Coelho de Araújo Filho, PhD.

Karina Marie Kamimura, Dra.

Mateus Rosas Ribeiro Filho, Dr.

Ao Prof. Mateus Rosas Ribeiro (*in memoriam*) pela orientação deste trabalho, e pela grandiosa e maravilhosa importância na minha formação acadêmica e pessoal.

DEDICO

A tristeza pela sua partida é grande, mas a minha gratidão por ele é IMENSA!

“Não existe grandeza onde não há simplicidade, bondade, e verdade.”

Leon Tolstói

Aos meus pais
Edmundo Silva Araujo e
Lucia Maria da Silva Araujo
pela dedicação e amor, e por serem meus
exemplos de bondade e honestidade

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo amor que me concede todos os dias e por tornar os meus sonhos possíveis.

A minha família, pais e irmãos, especialmente, Jim Kelly Silva Araujo por todo apoio e esforço dispensados a mim, e meus sobrinhos (Pedro Gabriel e Ana Júlia) por proporcionar uma vida feliz, cheia de amor e união.

A vovó (Maria José da Silva Araujo) por ter me apresentado à academia.

A tia Nete (*in memoriam*) pelo carinho e cuidados comigo quando morei em sua casa.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, particularmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), pela oportunidade de realizar o curso.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de doutorado. E a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa no exterior por meio do Programa Institucional de Bolsas de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE), Processo BEX:14700/12-3.

A Universidade de Guelph – Departamento de Bioquímica do Solo da Escola de Ciências Ambientais, pelo apoio as atividades laboratoriais.

Ao Prof. Valdomiro Severino de Souza Junior pela excelente orientação; compreensão, confiança e incentivos que me fizeram ir além do que eu imaginava.

Ao Flávio Adriano Marques e a Profa. Regilene Angélica da Silva Souza pelos valiosos ensinamentos, amizade e apoio constantes.

Ao Prof. Paul Voroney pela acolhida profissional e pessoal em Guelph, supervisão do estágio sanduíche, com valiosos ensinamentos e por permitir a realização de trabalhos essenciais ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo José Fernando W. F. de Lima (Zeca) pelo imenso apoio nas coletas e apoio constante durante todo o curso.

A Martha González Pérez pelo apoio e contribuição para elaboração do projeto de tese.

A Profa. Sheila Maria Bretas Bittar Schulze pela amizade, essencial apoio e por permitir ótimos momentos durante minha estada em Guelph.

Aos docentes que integram o PPGCS pelos ensinamentos.

Aos amigos de turma pela importante amizade no decorrer do curso: Clayton, Agenor, Márcio e Israel.

A todos os colegas do Grupo de Pesquisa em Gênese, Morfologia e Classificação do Solo, pelo auxílio na realização das análises, amizade e por permitir um maravilhoso ambiente de trabalho: Fernando, Kelly, Cláudio Henrique, Juliet Emília, Elis Regina, Gerson, Maria Almeida, Eloise, Luís Antônio, Glévia, Suzana, Elaine, Laércio, Edivan, Eloá, Stephany e Danilo.

A Karina Marie Kamimura pelo auxílio na confecção das pastilhas e interpretação dos espectros de FTIR.

Aos amigos Renisson Neponuceno e Rômulo Souza pela amizade, incentivo e apoio em momentos importantes.

A Marcos Costa Mendes pela amizade e importante ajuda para a conclusão deste trabalho.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Bioquímica do Solo da Escola de Ciências Ambientais da Universidade de Guelph pela amizade e auxílio na realização das análises: Caroline Dykstra, Yuki Audette, Robyn Coleman, Alex Lake, Honjgie, Christine O'Reilly, Renaldo Shadowfox e Danny Jefferies. E aos laboratoristas Sushantha e Idris.

A Tati Chud, Vânia Zanella, Daniel Gordo, Vinícios Deón, Fabi Mota, Fabrícia Braga, Ana Paula Terakato, Renato Veloso, Gabriela Urquhart, Glenn Urquhart e Anais Kenema pela agradável e divertida convivência em Guelph.

Aos funcionários da Área de Solos, Maria do Socorro de Santana, Josué Camilo e Sidrack Camilo pela ajuda e serviços prestados.

A Usina Olho D'água (Itambé), ao gerente agrícola Eng. Agrônomo Henrique Sérgio Antunes de Brito por conceder a abertura de trincheira e a coleta de solo. Ao funcionário José Márcio Lucas de Andrade pelo apoio durante a coleta de solo.

A Lula do mel (João Luiz Aleixo da Silva), gestor do Parque Municipal João Vasconcelos Sobrinho (Serra dos Cavalos), em Caruaru, por permitir a abertura de trincheira e coleta de solo.

Ao ICMBio por autorizar as coletas de solo na Floresta Nacional do Araripe (FLONA-Araripe).

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1. Planalto da Borborema, Depressão Periférica Oriental e Chapada do Araripe.....	22
2.2. Solos da região.....	27
2.3. Solos com horizonte A húmico.....	29
2.4. Matéria orgânica do solo (MOS): decomposição e estabilização em subsuperfície.....	31
3. HIPÓTESES.....	37
4. OBJETIVOS.....	38
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
5.1. Seleção e localização das áreas de estudo.....	39
5.2. Descrição geral das áreas de estudo.....	41
5.2.1. Domínios geomorfológicos e Relevo.....	41
5.2.2. Geologia.....	42
5.2.3. Clima.....	42
5.2.4. Vegetação.....	43
5.3. Amostragem e preparo das amostras de solo.....	43
5.3.1. Caracterização dos solos.....	43
5.3.2. Caracterização da MOS.....	44
5.4. Análises para caracterização dos solos.....	44
5.4.1. Análises físicas.....	44
5.4.2. Análises químicas.....	45
5.4.3. Extração seletiva de ferro e alumínio.....	45
5.4.4. Digestão sulfúrica.....	46
5.4.5. Análises mineralógicas.....	46
5.4.6. Análises de correlação.....	46
5.5. Caracterização da MOS.....	47

5.5.1. Composição isotópica.....	47
5.5.2. Carbono da biomassa microbiana (CBM).....	48
5.5.3. Mineralização da MOS em estudo de incubação.....	48
5.5.4. Fracionamento químico da MOS.....	50
5.5.5. Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).....	50
5.5.6. Calorimetria de Varredura Diferencial e termogravimetria (CVD-TG).....	50
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
6.1. Caracterização dos solos.....	52
6.1.1. Atributos morfológicos.....	52
6.1.2. Atributos físicos.....	58
6.1.3. Atributos químicos.....	60
6.1.4. Carbono total (CT), carbono orgânico (CO) e carbono lábil (C-lábil).....	63
6.1.5. Extração seletiva e digestão sulfúrica.....	66
6.1.6. Análises mineralógicas.....	69
6.1.7. Classificação dos solos.....	72
6.1.8. Posição dos solos na paisagem.....	73
6.1.9. Análises de correlação.....	76
6.2. Caracterização da MOS.....	77
6.2.1. Composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) da serrapilheira e solo	
6.2.1.1. $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ da serrapilheira.....	77
6.2.1.2. C e N da serrapilheira.....	80
6.2.1.3. $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ do solo.....	80
6.2.1.4. C e N do solo.....	85
6.2.2. C da biomassa microbiana do solo (CBM).....	86
6.2.3. Mineralização da MOS em estudo de incubação.....	90
6.2.3.1. Efluxo de CO_2	90
6.2.3.2. Mineralização de N.....	95
6.2.4. Fracionamento químico da MOS.....	97
6.2.5. Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).....	99
6.2.6. Calorimetria de Varredura Diferencial e Termogravimetria (CVD-TG).....	105

7. CONCLUSÕES.....	108
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
APÊNDICE A – Descrição dos perfis de solo.....	103
APÊNDICE B – Abundância natural de ¹³ C e ¹⁵ N dos solos.....	146
APÊNDICE C – Efluxo de CO ₂	148

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Províncias estruturais do Brasil, mostrando a localização da Província Borborema em relação às províncias adjacentes (Província Parnaíba e Província São Francisco).....23
- Figura 2. Geomorfologia regional.....26
- Figura 3. Figura 3. Localização dos perfis de solos estudados (a: P1-Itambé; b: P2-Paudalho; c: P3-Caruaru; d: P4-Brejão; e: P5-Crato; e': P6-Crato).....40
- Figura 4. Perfis de solo estudados (P1-Itambé, P2-Paudalho, P3-Caruaru, P4-Brejão, e P5 e P6-Crato).....54
- Figura 5. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 1, Itambé. Ct = caulinita; Gh = goethita.....70
- Figura 6. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 2, Paudalho. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.....70
- Figura 7. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 3, Caruaru. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.....70
- Figura 8. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 4, Brejão. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.....71
- Figura 9. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 5, Crato. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.....71
- Figura 10. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 6, Crato. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.....71

LISTA DE FIGURAS

- Figura 11. Variação de $\delta^{13}\text{C}$ em relação à profundidade de solo nos perfis de solo estudados.....82
- Figura 12. Variação de $\delta^{15}\text{N}$ em relação à profundidade de solo nos perfis de solo estudados.....84
- Figura 13. Efluxo de CO_2 em função do tempo de incubação nos seis perfis estudados (P1-Itambé, P2-Paudalho, P3-Caruaru, P4-Brejão, P5 e P6-Crato) nas cinco camadas avaliadas. Camada 1 (0-20 cm), camada 2 (20-45 cm), camada 3 (40-88 cm), camada 4 (70-145 cm) e camada 5 (110-200 cm).....92
- Figura 14. Efluxo acumulado de CO_2 durante o período de incubação dos seis perfis estudados (P1-Itambé, P2-Paudalho, P3-Caruaru, P4-Brejão, P5 e P6-Crato) nas cinco camadas estudadas. a (camada 1 e 2); b (camada 3, 4 e 5).....94
- Figura 15. Espectro de FTIR da humina extraída das camadas de 0-5, 5-10, 30-40 e 80-90 cm de profundidade do perfil P1 (Itambé).....101
- Figura 16. Espectro de FTIR da humina extraída das camadas de 0-5, 5-10, 30-40 e 80-90 cm de profundidade do perfil P4 (Brejão).....101
- Figura 17. Espectro de FTIR da humina extraída das camadas de 0-5, 5-10, 30-40 e 80-90 cm de profundidade do perfil P5 (Crato).....101
- Figura 18. Intensidade de bandas (% transmitância) de espectros de FTIR da humina extraída das camadas de 0-5, 5-10, 30-40 e 80-90 cm de profundidade dos perfis P1, P4 e P5.....103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas geográficas, altitudes e parâmetros climáticos dos locais estudados.....	39
Tabela 2. Atributos morfológicos dos solos estudados.....	54, 55 e 56
Tabela 3. Atributos físicos dos solos estudados.....	58
Tabela 4. Atributos químicos dos perfis estudados.....	60 e 61
Tabela 5. Teores de carbono total (CT), carbono orgânico (CO), carbono lábil (C-lábil) e carbono resistente (C-res) dos solos estudados.....	64
Tabela 6. Teores de Fe e Al extraídos com DCB, OAA e pirofosfato de sódio, teores de SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ e TiO ₂ e relações moleculares dos solos estudados.....	66 e 67
Tabela 7. Classificação e simbologia dos perfis de solo conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo - SiBCS (EMBRAPA, 2013).....	72
Tabela 8. Coeficientes de correlação linear (r) entre as formas de C do solo e entre esses e outras variáveis dos horizontes A e B.....	76
Tabela 9. Valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, carbono total (CT), nitrogênio total (NT) e relação C/N de amostras de serrapilheira das áreas estudadas.....	78
Tabela 10. Teores de carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), carbono total (CT), nitrogênio total (NT), relação C/N e relação CBM/CT dos solos estudados.....	87 e 88

LISTA DE TABELAS

Tabela 11. Teor de N-NH_4^+ e N-NO_3^- mineralizados, sob condições aeróbias de laboratório, após seis semanas de incubação em todos os perfis estudados.....	95
Tabela 12. Teores de carbono das frações ácidos fúlvicos (C-AF), ácidos húmicos (C-AH) e humina (C-HUM), e relação C-AH/C-AF nos perfis estudados.....	98
Tabela 13. Atribuições das principais bandas de absorção no infravermelho da fração humina.....	103
Tabela 14. Parâmetros térmicos de oxidação térmica da fração humina: picos de temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) referentes à CVD, perdas de peso (%) referentes à TG, como resultado das duas principais reações exotérmicas, primeira reação exotérmica (1Exo) e segunda reação exotérmica (2Exo). Percentagem relativa da primeira perda de peso em relação à perda de peso total (1Exo%).....	105

LATOSSOLOS COM HORIZONTE A HÚMICO NA PROVÍNCIA BORBOREMA: CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS E DA MATÉRIA ORGÂNICA

RESUMO

A ocorrência de Latossolos com horizonte A húmico (Lh) espesso (> 100 cm) na região Nordeste do Brasil desperta grande interesse por situar-se em ambientes que favorecem a rápida decomposição da matéria orgânica do solo (MOS), além de constituir ambientes diferenciados da região semiárida circundante, sendo intensamente utilizados e importantes para a economia regional. A gênese desses solos e, particularmente, a natureza química e a estabilidade da MOS ainda são pouco compreendidos, sobretudo em Lh do Nordeste do Brasil. O objetivo desse estudo foi caracterizar Latossolos com horizonte A húmico da região Nordeste, caracterizando quimicamente a MOS e sua relação com os fatores de formação do solo. Foram selecionados seis perfis de solo com horizonte A húmico em diferentes condições de clima, altitude e posição no relevo, e os seus atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos determinados a fim de relacioná-los à variação do carbono (C) em profundidade, e obter subsídios para explicar a preservação de C nestes solos. A MOS foi caracterizada superficial e subsuperficialmente por meio da determinação de frações do C do solo, como o C total (CT), C orgânico (CO), C-lábil, C resistente à oxidação pelo dicromato de potássio (C-res) e carbono da biomassa microbiana, além das análises isotópicas das abundâncias naturais de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e atributos microbiológicos. Foram avaliados a composição da matéria orgânica humificada e os potenciais de mineralização de N e C por meio de ensaios de incubação do solo em laboratório em função do tempo, além da caracterização da fração húmica por técnicas espectroscópica e termodegradativa. Os Lh apresentam mineralogia essencialmente caulínica, textura franco-argilo-arenosa a muito argilosa, acúmulo de C relativamente alto, independente da altitude, e espessura do horizonte A variável e relacionada à textura. O acúmulo de C foi relacionado às propriedades físicas e químicas do solo, como a textura argilosa, reação fortemente ácida, distrofia, elevada saturação por alumínio e interações entre as formas de C com o Fe e Al de baixa cristalinidade e as formas de Al livre. A maior parte do C presente no horizonte A está sob formas de baixa

recalcitrância, mostrado pelo teor de CO oxidado pelo dicromato, o qual representou mais de 80 % do CT do horizonte A dos perfis P2 (Paudalho), P3 (Caruaru), P4 (Brejão) e P5 (Crato), e mais de 50 % do CT nos perfis P1 (Itambé) e P6 (Crato). Ademais, a fração humina, a qual representa a maior parte da reserva de C nestes solos não mostrou composição predominantemente aromática.

OXISOLS WITH HUMIC A HORIZON IN THE PROVINCE BORBOREMA: CHARACTERIZATION OF SOIL AND ORGANIC MATTER

ABSTRACT

The occurrence of Oxisols with humic A horizon (Oh) thick (> 100 cm) in Northeast region of Brazil generates great interest since these soils are in Tropical areas that favor the rapid decomposition of soil organic matter (SOM), besides constituting different environments, differing from the semi-arid surrounding areas, being intensively-heavily used and important to the regional economy. The genesis of these soils, and particularly the chemical nature and stability of SOM are still poorly understood, mostly in Lh of Northeast. The aim of this study was to characterize Oh of the Northeast, characterizing chemically the SOM and its relation to the factors of soil formation. Six humic oxisoil profiles were selected in different weather conditions, altitude and position in the landscape, and their morphological, physical, chemical and mineralogical properties determined in order to relate them to changes of carbon (C) in depth, and get help explain the preservation of C in these soils. The surface and subsurface SOM was characterized by determining the fractions of soil C, as total C (TC), organic carbon (OC), labile C, C resistant to oxidation by potassium dichromate (C-res) and microbial biomass carbon, besides the isotopic analysis of natural abundances of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ and microbiological attributes. Were evaluated the composition of humified organic matter and the mineralization potential of N and C by incubation assays of the soil in the laboratory as a function of time, and characterizing of the humin fraction by termodegradativa and spectroscopic techniques. The Oh are essentially kaolinitic, sandy clay loam to very clayey, relatively high amounts of carbon, independent of altitude, and thickness of the A horizon variable and related to the texture. The accumulation of C was related to physical and chemical soil properties, such as clayey texture, strongly acid reaction, dystrophy, high aluminum saturation and interactions between the forms of C with low crystalline Fe and Al, and Al free. Most of the C present in the A horizon have low recalcitrance, shown by the CO oxidized by the dichromate, which represented more than 80 % of the CT of horizon in the P2 (Paudalho), P3

(Caruaru), P4 (Brejão) and P5 (Crato) profiles, and more than 50 % of the CT in P1 (Itambé) and P6 (Crato). Moreover, the humin fraction, which is the largest part of the reserve of C in these soils showed predominantly aromatic composition.

1. INTRODUÇÃO

O Semiárido é o quarto maior domínio morfoclimático brasileiro, com extensão de 969.589,4 km² (MI, 2014), ocupando em torno de 62 % do território nordestino e abrangendo a província fitogeográfica das caatingas, onde dominam temperaturas médias anuais elevadas (cerca de 26°C) e relativamente constantes (Ab'Sáber, 2000).

Os espaços semiáridos mais típicos e representativos correspondem às depressões interplanálticas, que constituem remanescentes de uma extensa rede de planícies de erosão entre maciços antigos e chapadas eventuais, elaboradas entre fins do Terciário e início do Quaternário (Ab'Sáber, 1999).

A ocorrência de planaltos e chapadas entre 500-1.100 metros de altitude no Nordeste do Brasil, a exemplo do Planalto da Borborema e chapada do Araripe, onde as chuvas orográficas garantem níveis de precipitação superiores a 1.000 mm/ano (Andrade-Lima 1960), constituem ambientes diferenciados. Neste contexto surgem os “Brejos de Altitude”, que podem ser considerados como “pequenas ilhas de florestas sobre maciços isolados” (Andrade-Lima, 1966).

Os brejos de altitude, também conhecidos como brejos nordestinos ou florestas serranas, constituem enclaves de Floresta Ombrófila Montana no Nordeste semiárido (no domínio das Caatingas), em regiões de considerada altitude e umidade (Andrade-Lima, 1982; Rizzini, 1997).

Nestes brejos comumente ocorrem solos com presença de horizonte A húmico. Este horizonte se caracteriza por apresentar grande quantidade de matéria orgânica e ser relativamente espesso (Ker, 1997), podendo ocorrer relacionado com, praticamente, todas as classes de solo. No entanto, este horizonte destaca-se quando ocorre em Latossolos por apresentar grande espessura, comumente superior a 100 cm.

Este subgrupo de Latossolos com horizonte A húmico tem sido relacionado frequentemente a superfícies geomórficas estáveis e antigas, geralmente em situação de topo, em ambientes de clima ameno ou associados a elevadas altitudes nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, com algumas ocorrências em brejos de altitude na região Nordeste (Ker, 1997).

No entanto, a distribuição destes solos na região Nordeste constitui-se intrigante no campo da pedogênese, uma vez que sua ocorrência,

relativamente rara e, geralmente, associada a ambientes altimontanos, também é percebida em posições baixas, sob clima Tropical úmido, na transição entre as Zonas da Mata e o Agreste. Essa discussão torna-se particularmente interessante, uma vez que em áreas tropicais e subtropicais, a mineralização da matéria orgânica chega a ser cerca de cinco vezes mais rápida do que aquela observada em regiões temperadas (Sanchez e Logan, 1992).

A formação deste horizonte em Latossolos tem sido associada a superfícies estáveis e climas pretéritos mais úmidos (Lepsch e Buol, 1986). Silva e Vidal Torrado (1999) se reportaram a decomposição de fragmentos macroscópicos de carvão vegetal e sua posterior miscigenação com a matriz do solo pela fauna para a formação do horizonte A húmico de Latossolos localizados no sul de Minas Gerais. A manutenção desse horizonte tem sido relacionada, principalmente, a clima frio, acidez, alta saturação por alumínio, além da associação da matéria orgânica com a fração mineral do solo (Queiroz Neto e Castro, 1974; Ker, 1997; Marques et al., 2011). Todavia, os estudos existentes a respeito da gênese do horizonte A húmico em Latossolos foram desenvolvidos, sobretudo, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, e a grande capacidade deste horizonte para armazenar C não foi totalmente esclarecida.

Além disso, trabalhos que investigam a natureza química e dinâmica da matéria orgânica do solo não apenas em superfície, mas também ao longo do perfil de solo, particularmente no ambiente tropical, são ainda raros (Dick et al., 2005). Estudos recentes têm apontado a importância da matéria orgânica do subsolo para o estoque total de carbono dentro de um perfil de solo, o que tem tornado a matéria orgânica de horizontes subsuperficiais alvo de intensa investigação nos últimos anos (Rumpel et al., 2002; Rumpel e Kögel-Knabner, 2011; Sanaullah et al., 2011).

A gênese do horizonte A húmico em Latossolos, a natureza química e a estabilidade da matéria orgânica nestes solos foram pouco estudadas na região Nordeste do Brasil. Ademais, por se tratar de solos que, na maioria das vezes, compõem ambientes que apresentam características climáticas privilegiadas, distintas da região semiárida circundante, são intensamente utilizados para fins agrícolas e extremamente importantes para a economia regional.

Diante disso, o objetivo desse estudo foi caracterizar Latossolos com horizonte A húmico da Província Borborema, quantificando e caracterizando a matéria orgânica do solo e sua relação com os fatores de formação dos solos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Planalto da Borborema, Depressão Periférica Oriental e Chapada do Araripe

O relevo é um importante registro para o entendimento da evolução morfotectônica e paleoclimática das paisagens no Nordeste do Brasil (Ab'Sáber, 1998; Pessenda et al. 2010).

O arqueamento máximo do escudo nordestino é formado por grandes domínios morfoestruturais como o Maciço da Borborema e seus remanescentes (Saadi, 1993). A Província Borborema compreende a parte central de um amplo cinturão orogenético Pan-Africano-Brasiliano, que foi formado como consequência de uma convergência e colisão dos crátons São Luís-Oeste da África e São Francisco-Congo-Kasai, no final do Neoproterozóico (Almeida et al. 1977). Essas paisagens desenvolvem-se sobre zonas de cisalhamento relacionadas ao ciclo Brasileiro (Ebert, 1962), com a atuação de fenômenos termiais, tectônicos e magmáticos, que foram muito atuantes no Neoproterozóico, e perdurou até o Cambro-Ordoviciano (Almeida et al. 1977).

A Província Borborema constitui uma das dez províncias estruturais brasileiras definidas por Almeida et al. (1977). Situa-se a leste do cráton Amazônia e ao Norte do cráton São Francisco (Monié, Caby e Arthaud, 1997), estando recoberta pela Bacia do Parnaíba a oeste e pela Bacia Costeira a leste, estendendo-se por cerca de 400.000 km² (Figura 1).

Essa Província possui planaltos com superfícies variando de 150 a 650 metros de altitude, com picos de até 1.100 metros. O Planalto da Borborema constitui um elevado bloco contínuo no Nordeste brasileiro, compreende partes do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, alongando-se no sentido N-S em forma de arco. A parte norte do Planalto é circundada pela Depressão Sertaneja Setentrional. Na parte leste, abaixo da Depressão

Setentrional, o Planalto encontra as Zonas da Mata da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. As partes centro-oeste e sul-sudeste fazem fronteira com a Depressão Sertaneja Meridional, exceto um pequeno trecho onde o Raso da Catarina encontra o Planalto (Velloso et al., 2002).

As áreas de altitudes elevadas, onde o relevo executa função de barreira aos ventos úmidos, que causam a formação de nevoeiros e chuvas, permite o aparecimento de uma cobertura vegetal que varia entre florestas caducifólias e subcaducifólias, até matas subperenes com espécies perenifólias (Lins, 1989). Esses ambientes altimontanos nordestinos são localmente conhecidos por “brejos de altitude”, e podem ser considerados como “pequenas ilhas de florestas sobre maciços isolados” (Andrade-Lima, 1966), constituindo áreas de exceção no contexto da Zona do Agreste favorecidas por condições mais amenas que aquelas das caatingas circundantes (Lins, 1989).



Figura 1. Províncias estruturais do Brasil, mostrando a localização da Província Borborema em relação às províncias adjacentes (Província Parnaíba e Província São Francisco) (Dantas, 1980).

Araújo Filho et al. (2000) descrevem os brejos de altitude de Pernambuco como regiões úmidas e isoladas dentro de áreas secas, que situam-se entre os 700 e 1.200 metros de altitude, com predominância de florestas subperenifólias, subcaducifólias e caducifólias em seus topos.

O Planalto da Borborema compreende grandes domínios de gnaisse-graníticos migmatíticos que representam o embasamento já retrabalhado pré-Brasiliano, e metassedimentos derivados de sequências proterozóicas jovens (Almeida et al., 1977).

Dentre os diferentes episódios paleogeográficos sugeridos por Ab'Sáber (1998) para explicar a história geomorfológica do Planalto Brasileiro, incluindo o Planalto da Borborema e seu entorno, estão os processos de aplainamento¹ e pedimentação ocorridos desde o Cretáceo até o Quaternário, como principais processos responsáveis pela compartimentação do relevo destas áreas:

- Aplainamentos por pediplanação nos núcleos de escudos expostos e nas bordas mais elevadas das bacias paleozóicas e mesozóicas (arenítico-basálticas). Formação de superfícies de cimeira no Brasil Central, Nordeste, Sudeste e altiplano basáltico de SE de Santa Catarina e NE do Rio Grande do Sul, e;
- Fases erosivas com degradação e rebaixamento das superfícies anteriormente formadas. Essas superfícies aplainadas encontram-se atualmente em posição de cimeira, em situação de serem confundidas com as superfícies cretácicas. Como exemplos de superfícies de cumiada, capeadas por sedimentos clásticos e eventualmente por cangas: superfície da Borborema e superfície goiano-matogrossense. Com idade, supostamente, eoceno-oligocênica ou Oligoceno. Fases de soerguimento e fases prolongadas de pedimentação alternaram-se no tempo, sendo que tais modalidades foram bastante agressivas durante as fases de transição climática inter ou subtropicais.

O termo pedimentação refere-se a processos de aplainamentos laterais restritivo, ocorrendo predominantemente no piemonte (sopé das montanhas) ou áreas intermontanas, sob a influência de flutuações climáticas (Ab'Sáber, 2000).

¹ Processos de erosão complexos e agressivos, que envolvem mecanismos de arrastamento de solos e plainações laterais (Ab'Saber, 1999).

Enquanto os compartimentos interiores eram rebaixados e aplainados por erosão, uma parte das grandes massas de detritos removidos eram depositadas na faixa sublitorânea antiga, onde hoje estão as camadas do grupo Barreiras, nos Tabuleiros Costeiros no Nordeste oriental (Ab'Sáber, 1999).

Os compartimentos deprimidos oriundos dos processos de aplainamento e pedimentação enquadram-se em uma série de grandes tipos de relevo como as *Depressões Periféricas*, situadas em torno de bacias ou núcleos de escudos em abóbada. Os aplainamentos extensivos ao redor das depressões periféricas ou delas muito extravasados foram episódios denudacionais longos com a provável interferência de erosões agressivas correspondentes as flutuações climáticas. No litoral nordestino foi criada uma faixa importante de sedimentos detríticos, nas últimas fases de afeiçoamento dos pediplanos sertanejos, colocada em forma de franja costeira, larga e contínua, correspondente ao Grupo Barreiras (Ab'Sáber, 1998). Este aplainamento teria ocorrido durante o Neógeno por meio dos vales fluviais, que deram origem a dois níveis de terraços e pedimentos, cuja evolução no Nordeste brasileiro está vinculada às glaciações quaternárias (King, 1956). A geomorfologia dessas áreas está compartimentada nas regiões e unidades geomorfológicas descritas na Figura 2.

No Nordeste, os pediplanos sertanejos escapam às áreas de depressões periféricas propriamente ditas, e extravasa coalescentemente pelas mais variadas direções, inclusive através dos desvãos de chapadas cretáceas isoladas como a Chapada do Araripe. Os embaciamentos principais das áreas de bacias mesozóicas, caso do Araripe, inicialmente se fizeram a partir de depressões ou sinclinais, e embora esteja relativamente isolada, faz parte da mesma província geológica e geomorfológica (Ab'Sáber, 1998).

A Chapada do Araripe ou Planalto Sedimentar localiza-se sobre os terrenos pré-cambrianos da Província Borborema (Ponte e Ponte Filho, 1996), caracterizada por um relevo tipicamente tabular, com elevações em torno de 900 metros e sustentada pelos arenitos da Formação Exu (CPRM, 2005e). Esse imenso Planalto localiza-se na região fronteira dos estados do Ceará, Pernambuco, Piauí e Paraíba, constituindo uma das feições topográficas mais importantes do noroeste do Brasil. As altitudes da Chapada decrescem no sentido Leste-Oeste, desde elevação máxima de 1.000 metros no estado do

Ceará até cota mínima de 700 metros, próximo a Araripina, Pernambuco (MMA, 2006).

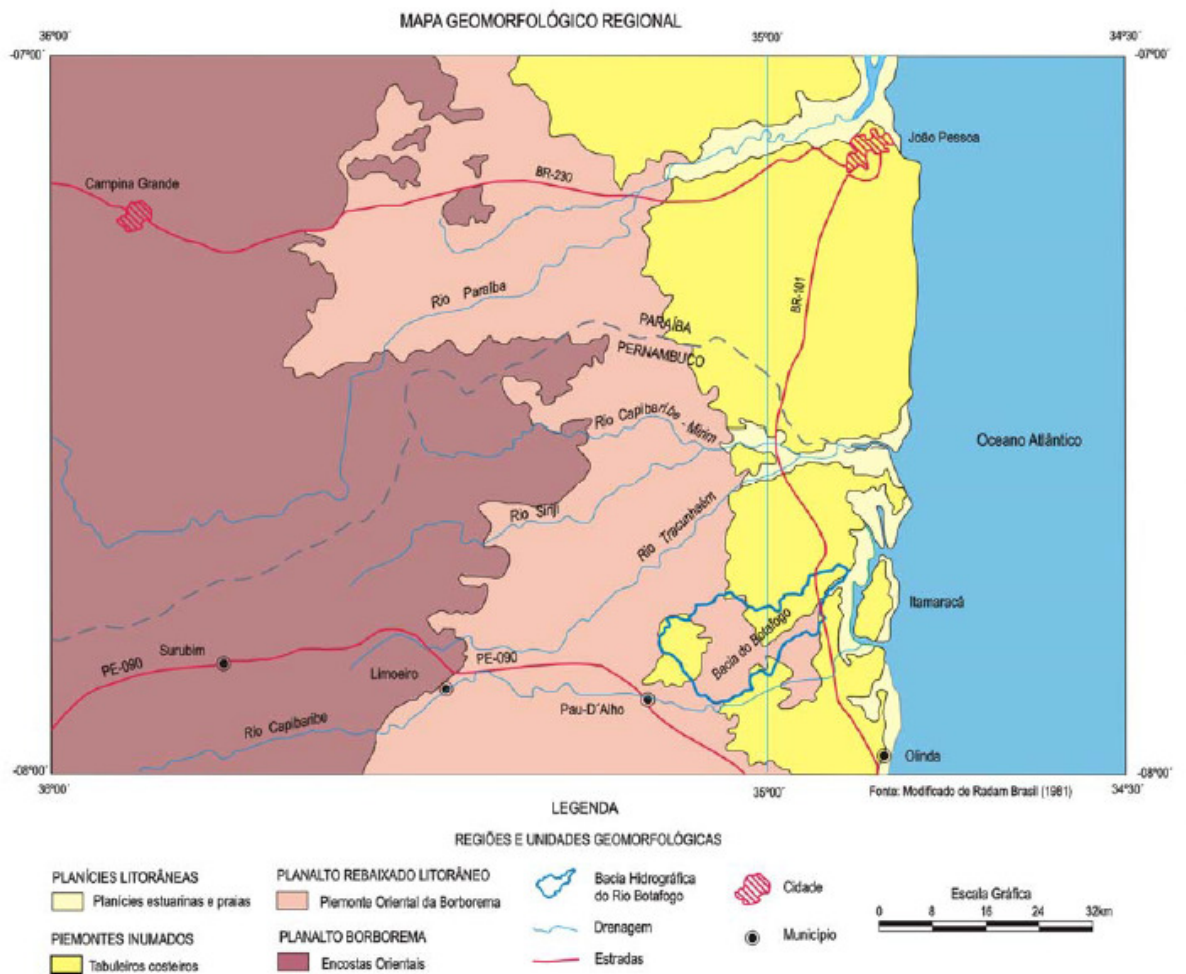


Figura 2. Geomorfologia regional (Ross (1992), modificado de RADAMBRASIL, 1981).

De acordo com Austregésilo Filho et al. (2001), as coberturas vegetais na Chapada do Araripe podem variar entre Savana (Cerrado), Savana florestada (Cerradão), também denominada como floresta subcaducifolia tropical xeromorfa, Carrasco e Floresta Ombrófila densa e estacional, podendo ser resultante de uma grande heterogeneidade ambiental relativa a diversos períodos geológicos (Giulietti et al, 2004).

O modelo de evolução da paisagem envolvendo ciclos de erosão, expressos pelos processos de pediplanação e pedimentação mais aceito no Brasil foi proposto por King (1956), o qual identificou as superfícies de erosão em ordem cronológica decrescente como: a Superfície Fóssil (Carbonífera), a

Gondwana (Cretáceo Inferior), a Pós-Gondwana (Cretáceo Superior), a Sul-Americana (Terciário Inferior), a Superfície Velhas (Terciário Superior) e o Ciclo Paraguaçu (Quaternário).

Considerando tal modelo, este autor sugeriu que a evolução do relevo do Planalto da Borborema e seus entornos tenham ocorrido por meio de sucessivos aplainamentos escalonados durante o Cenozóico, resultantes das fases de reativação tectônica vertical das margens passivas da plataforma brasileira. Diante desta perspectiva, as áreas mais elevadas do Nordeste brasileiro, as quais estariam acima dos 1.000 metros de altitude, corresponderiam às superfícies mais antigas, associados à superfície Pós-Gondwana proposta por King, desenvolvidas entre o Albiano e o Oligoceno. Os aplainamentos intermediários, entre 650 e 900 metros de altitude, seriam equivalentes à superfície Sul-Americana do King, localizada no interior do planalto, corresponde a um nível inferior denominado Cariris Velhos ou Soledade, com idade miocênica. A superfície de aplainamento geral do Planalto da Borborema apresenta altitudes que variam entre 350 a 600 metros, com idade provável ao Plio-Pleistoceno a partir de sua correlação com os sedimentos da Formação Barreiras, constituindo o aplainamento mais recente da região.

2.2. Solos da região

A região Nordeste do Brasil é caracterizada principalmente por atributos relacionados à condição climática e fitogeográfica, e abrange uma das três grandes áreas semiáridas da América do Sul.

O Nordeste brasileiro apresenta toda sua porção oriental bastante úmida, com precipitação pluvial anual superior a 1.500 mm, na ocidental, limítrofe à Amazônia, o clima é tropical úmido, sendo a área sujeita a inundações, e uma porção de clima quente e seco que compreende as mesorregiões do Agreste e Sertão, que se estende desde o litoral setentrional (costa do Ceará e do Rio Grande do Norte) até o norte do Estado de Minas Gerais, com uma largura no sentido Leste-Oeste de algumas centenas de quilômetros (Andrade, 1986).

A região semiárida ocupa 62% do território nordestino, se estendendo por depressões interplanálticas, situadas entre maciços antigos e chapadas

eventuais, esculpidas em xistos e gnaisses, com baixo nível de decomposição química das rochas (Ab'Sáber, 1999).

Os solos da região semiárida têm uma distribuição espacial complexa, formando um mosaico totalmente diverso de todos os outros conjuntos existentes no país. Por outro lado, raramente se aproximam das características dos solos que acumulam altas concentrações de sesquióxidos de ferro e alumina (Latosolos), estes últimos restritos às serras úmidas (Ab'Sáber, 1999; Veloso et al., 2002; Jacomine, 1996).

As depressões interplanálticas são os espaços mais típicos e representativos do domínio semiárido nordestino. No entanto, as exceções locais, como os Planaltos da Borborema e sedimentar (Araripe), ocupam menor espaço e representam variações em torno do modelo (Ab'Sáber, 1999).

No Planalto da Borborema, em condições de relevo movimentado predominam os Neossolos Regolíticos e Argissolos. Nos patamares mais suaves ocorrem Planossolos e Neossolos Litólicos. As elevações contêm afloramentos de rochas e Neossolos Litólicos, enquanto as áreas mais baixas e fundos de vales contêm Planossolos e Neossolos Fluviais (Veloso et al., 2002). No Estado de Pernambuco, os Latossolos Amarelos são predominantes nos topos em uma área do Agreste ao redor do município de Camocim de São Félix, ocupando posições de topos e encostas com relevo suave ondulado e ondulado. São solos profundos, bem drenados, com predomínio de textura argilosa, e horizonte superficial predominantemente do tipo A proeminente. Nas áreas em torno do município de Garanhuns, também no Agreste, estes solos ocupam, principalmente, os topos suave ondulado e ondulado de elevações, ocorrendo também em superfícies aplainadas com relevo suave ondulado e plano. Neste caso, ocorrem também solos com textura média e muito argilosa, e predominam horizontes superficiais A húmicos, moderados e proeminentes (Araújo Filho et al., 2000).

Na região da Borborema observam-se culturas de subsistência e pastagem (braquiária). Na região de Garanhuns, destacam-se a pastagem (braquiária), culturas de subsistência, como feijão e mandioca, e a produção de café em algumas propriedades médias (Araújo Filho et al., 2000; Galvão, 2007).

Na Chapada do Araripe, os Latossolos Amarelos também predominam, ocupando superfícies aplainadas de relevo plano, com menor ocorrência em

relevo suave ondulado. Os Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem em menor frequência, geralmente, na parte ocidental da chapada onde ocupam superfícies aplainadas. O horizonte A predominante nestes solos é do tipo moderado. Nessa região predomina a cultura da mandioca, e em menor proporção, culturas como feijão, café, abacaxi, além de eucalipto, sabiá e pastagens (Araújo Filho et al., 2000).

A distribuição de solos na Zona da Mata de Pernambuco compreende os Latossolos Amarelos nas áreas com vegetação de florestas subperenifólia e subcaducifólia que ocupam, principalmente, os Tabuleiros Costeiros, e também os topos aplanados dos relevos em forma de colinas ou nas encostas acidentadas de relevo forte ondulado e montanhoso, que ocorrem principalmente na zona da Mata Sul. Na Zona da Mata Norte, os Latossolos Vermelho-Amarelos distribuem-se em áreas dominadas por floresta subcaducifólia ocupando superfícies aplanadas dos Tabuleiros Costeiros. Além dos Argissolos Amarelos, com significativa ocorrência nos tabuleiros, e os Argissolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Acinzentados com baixa ocorrência. Na Zona da Mata, estes solos são cultivados principalmente com cana-de-açúcar e fruticultura (Araújo Filho et al., 2000).

2.3. Solos com horizonte A húmico

Solos com horizonte A húmico são caracterizados por uma coloração escura, refletindo a expressiva quantidade de matéria orgânica em seu horizonte superficial, a qual possui caráter diagnóstico na classificação destes solos (Ker, 1997).

O horizonte A húmico é definido pelo SiBCS (EMBRAPA, 2013) como um horizonte mineral superficial, com valor e croma (cor do solo úmido) ≤ 4 , saturação por bases (V%) inferior a 65% e apresentando espessura e teor de carbono orgânico (CO) dentro de limites específicos, como:

- Espessura mínima de 18 cm e mais que 1/3 da espessura do solum (A+B), ou mais que 1/3 da espessura dos horizontes A + C caso não ocorra B, se este tiver menos que 75 cm; ou espessura mínima de 25 cm, se o solum tiver 75 cm ou mais. Em caso de presença de contato lítico, o horizonte A deve ter pelo menos 10 cm de espessura;

- Teor de CO inferior ao limite mínimo para caracteriza o horizonte hístico ($< 80 \text{ g kg}^{-1}$ de CO na terra fina); e
- Teor total de CO igual ou maior ao valor obtido pela seguinte eq. (2.1):

$$\Sigma(\text{CO.L}) \geq 60 + (0,1.\text{argila}) \quad (2.1)$$

Em que, o CO representa o teor de C orgânico em g kg^{-1} determinado por via úmida com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) de subhorizontes A; L corresponde à espessura de subhorizontes A, em dm; e argila corresponde à média ponderada de argila em g kg^{-1} , do horizonte A, incluindo AB ou AC.

O horizonte A húmico pode ocorrer em praticamente todas as classes de solo. No entanto, este horizonte destaca-se quando ocorre em Latossolos por apresentar grande espessura, comumente superior a 100 cm.

Latossolos com horizonte A húmico (Lh) têm sido constatados frequentemente em regiões de clima ameno nas regiões Sudeste e Sul do Brasil (Ker, 1997). A ocorrência de Lh no Nordeste é relativamente rara, e geralmente, está associada a ambientes altimontanos.

De acordo com Lepsch e Buol (1986), os Lh das regiões Sul e Sudeste podem ser remanescentes preservados, resultantes da acumulação de matéria orgânica sob diferentes condições climáticas pretéritas. A sua manutenção estaria associada à superfícies estáveis e à associação dela com a fração mineral do solo. O clima frio, a acidez e a alta saturação por alumínio também tem sido relacionados à manutenção deste horizonte (Queiroz Neto e Castro, 1974; Ker, 1997).

Silva e Vidal Torrado (1999) sugerem que o espessamento e melanização do horizonte A húmico em Latossolos poderia também ser resultado da decomposição e redistribuição de materiais carbonizados pela fauna do solo. Marques et al. (2011), por sua vez, rejeitou a hipótese de que a melanização deste horizonte seja grandemente influenciada por produtos da decomposição do carvão e verificou que a estabilização da matéria orgânica em Latossolos húmicos da região Sul, Sudeste e Nordeste (de baixa altitude) está relacionada principalmente a interação da MO com estruturas de Al pobremente cristalinas. Outros autores também reportam à formação de complexos organominerais para explicar a estabilização da matéria orgânica no solo (Silva, 1997; Silva e Vidal Torrado, 1999; Calegari, 2008).

O espessamento do horizonte A húmico também pode ser resultado da atuação de outros processos. O colúvio de materiais orgânicos foi apontado por Silva et al. (2007) para explicar a ocorrência de horizonte A húmico em solos que ocorrem no terço inferior das vertentes.

Os estudos existentes sobre a matéria orgânica de solos com horizonte A húmico referem-se, em sua grande maioria, às regiões Sul e Sudeste do Brasil. No Nordeste, esses solos possuem teores de argila, Fe_2O_3 e C orgânico inferiores àqueles dos Latossolos com horizonte A húmicos localizados nas regiões S e SE do país (Calegari, 2008). Além disso, não há registro sobre a ocorrência de pedotúbulos e de fragmentos de carvão vegetal arranjados em linhas nos Latossolos e Argissolos com horizonte A húmico do Nordeste.

2.4. Matéria orgânica do solo (MOS): decomposição e estabilização em subsuperfície

A MOS é composta por todo o carbono orgânico presente no solo, formando três compartimentos: a MOS transitória, composta, sobretudo, por resíduos de plantas e organismos de fácil decomposição, e materiais orgânicos produzidos pela microbiota e raízes finas; a MOS humificada, formada por materiais recalcitrantes, como ácidos húmicos e fúlvicos, além de materiais sob diferentes graus de carbonização; e a biomassa, formada pela meso e macrofauna, além da microbiota do solo (Roscoe e Machado, 2002).

A MOS representa até 2/3 do estoque terrestre de carbono, configurando um importante e ativo reservatório do ciclo global deste elemento (Schlesinger 1997), uma vez que a MOS pode servir para contrabalançar o aumento dos níveis de CO_2 atmosférico. Dentro desta perspectiva, estimativas recentes têm apontado a importância da matéria orgânica do subsolo para o estoque total de C dentro de um perfil de solo, o que tem tornado a matéria orgânica de horizontes subsuperficiais alvo de intensa investigação nos últimos anos (Batjes, 1996; Rumpel et al., 2002; Rumpel e Kögel-Knabner, 2011; Sanaullah et al., 2011; Vancampenhout et al. 2012).

A quantidade de matéria orgânica armazenada em horizontes do subsolo abaixo do horizonte A tem surpreendido, já que podem ser encontradas altas proporções de C total armazenado dentro do perfil do solo, apesar das baixas concentrações de matéria orgânica (Batjes, 1996; Andrade

et al., 2004; Rumpel e Kögel-Knabner, 2011). Entre 30 e 63% da MOS é armazenada abaixo de 30 cm de profundidade segundo Rumpel e Kögel-Knabner (2011). Em solos florestais, Jandl et al. (2007) observaram que a MOS perfaz 70% de todo o C do solo.

A quantidade de MOS resulta da diferença entre adições e perdas de carbono orgânico ao longo do tempo. As entradas de MOS constituem a serrapilheira (resíduos de plantas ou culturas adicionados ao solo), principal fonte da MOS, as raízes, os exsudados radiculares, os resíduos de organismos, e os pluviolixiviados (compostos orgânicos instáveis e de fácil decomposição arrastados pela água que passa pela copa das árvores e atinge o solo). Enquanto as perdas de MOS ocorrem por meio da respiração, lixiviação, erosão e queimadas (Sollins et al., 1996).

As principais fontes da matéria orgânica em subsolos são: a biomassa radicular das plantas, exsudados radiculares, matéria orgânica dissolvida, e matéria orgânica particulada ou associada às argilas transportada biologicamente ou fisicamente por meio da bioturbação (Rumpel e Kögel-Knabner, 2011).

A dinâmica da MOS é governada por processos que envolvem a sua estabilização e desestabilização, e são influenciados por fatores bióticos, tais como abundância de espécies vegetais e microbianas, fatores ambientais, tais como temperatura, umidade, e fatores edáficos como a textura do solo (Sollins et al., 1996).

Grande parte da estabilidade da MOS ainda não é completamente entendida (Silva e Mendonça, 2007). Os mecanismos que envolvem o acúmulo e estabilização da MOS em ecossistemas naturais são grandemente influenciados pelos processos de formação do solo, sendo que em condições de boa drenagem, tais fatores exercem influência na seguinte ordem: clima > vegetação > relevo = material de origem > tempo (Jenny, 1941). Enquanto em ecossistemas manejados, o tipo de uso e o manejo adotado podem determinar os teores de MOS (Bayer et al., 2002; Andrade et al., 2004).

No entanto, a dinâmica da matéria orgânica nas camadas mais profundas do solo, no que se refere às entradas, tempos de residência, os mecanismos de estabilização e composição química é bem menos compreendida (Rumpel e Kögel-Knabner, 2011).

O C orgânico dissolvido (COD) desempenha um papel significativo no transporte de C de horizontes superficiais e estabilização em subsuperfície em solos minerais. Apesar das perdas anuais do COD pela respiração microbiana e lixiviação, o COD constituiu 22% das entradas anuais de C abaixo de 40 cm de profundidade em uma floresta de coníferas, e apenas 2% das entradas de C abaixo de 20 cm em solos sob pradaria (Sanderman e Amundson, 2008). Considerando o tempo de residência, os processos de movimento e retenção do COD, este apresenta importância semelhante a das raízes para o acúmulo de matéria orgânica em subsuperfície (Kleja et al. 2008).

A estabilização da MOS refere-se ao decréscimo no potencial de perda da matéria orgânica, sendo resultante do efeito integrado de três mecanismos: recalcitrância química, acessibilidade (proteção física) e interação (proteção coloidal). Esses mecanismos operam simultaneamente e afetam o material orgânico e os produtos de decomposição em todos os estágios de degradação (Christensen, 2001).

A recalcitrância química compreende as características das substâncias orgânicas à nível molecular, incluindo composição elementar, presença de grupos funcionais, e conformação molecular, que influenciam a sua degradação por microrganismos e enzimas. Essa recalcitrância pode ser inerente ao material orgânico adicionado ao solo ou ser adquirida durante a decomposição por meio dos processos de condensação e polimerização que ocorre durante a decomposição dos resíduos vegetais, tornando-os mais resistente à decomposição (Sollins et al., 1996; Silva e Mendonça, 2007).

Os principais compostos orgânicos do solo podem ser agrupados em carboidratos, proteínas, ligninas e lipídeos. As estruturas aromáticas derivadas da lignina ou dos compostos humificados são mais resistentes à decomposição que as cadeias alifáticas de carboidratos, por possuírem uma forte ligação no seu anel (Baldock et al., 1992).

A taxa de decomposição da MOS depende não só da estrutura molecular dos compostos orgânicos, como também da proporção destes constituintes na matéria orgânica, da associação entre os mesmos e dos tipos de organismos envolvidos (van Breemen e Buurman, 2002).

Os microrganismos promovem a degradação seletiva, ou seja, degradam os compostos menos recalcitrantes, aumentando gradualmente o

teor de material orgânico recalcitrante no solo. Este processo tem sido referido por muitos como "preservação seletiva" (Sollins et al., 1996).

A proteção física é promovida pela oclusão de material orgânico no interior dos agregados do solo, atuando como uma barreira física, dificultando a acessibilidade de microrganismos e enzimas, bem como reduzindo a difusão de O₂ nos microporos (Silva e Mendonça, 2007).

A proteção física da MOS ocorre em agregados de diferentes classes de tamanho. Os microagregados são formados e estabilizados por compostos orgânicos persistentes, matéria orgânica humificada (um dos principais componentes responsáveis pela sua estabilidade) e por agentes transitórios (polissacarídeos microbianos), além dos minerais da fração argila. A união dos microagregados por meio dos compostos orgânicos transitórios (polissacarídeos) e temporários (raízes finas e hifas de fungos) forma os macroagregados (Tisdall e Oades, 1982). Esse modelo é válido para solos onde a MO é o principal agente de estabilização (Oades e Waters, 1991).

Os macroagregados são menos estáveis que os microagregados, devido à natureza lábil dos agentes estabilizantes transitórios. Com isso, o cultivo pode ser um fator limitante à proteção física exercida pelos agregados, uma vez que pode favorecer a acessibilidade do material orgânico pelos microrganismos, devido à perturbação periódica da estrutura do solo (Balesdent et al., 2000). A relação entre a proteção física da MOS e a reciclagem de macroagregados depende das condições da MO, quanto mais lenta a reciclagem de macroagregados, maior é o nível de proteção (Plante e McGill, 2002).

Esse mecanismo de proteção por oclusão da MO permite a proteção não-seletiva de compostos orgânicos, acarretando na estabilização tanto de formas recalcitrantes, como de formas mais lábeis (Silva e Mendonça, 2007).

A adsorção de compostos orgânicos por minerais de argilas é outro modo de estabilizar a matéria orgânica, pois filossilicatos e óxidos possuem vasta área para ligações físico-químicas. Em ambos, a quantidade de MOS ligada às argilas e tempo de ciclagem aumentam com a área de superfície específica dos minerais (Wattel-Koekkoek et al., 2001).

A proteção coloidal ou química refere-se às interações inter-moleculares entre o material orgânico e as frações inorgânicas ou outras substâncias orgânicas, que alteram a taxa de degradação ou de síntese de novos produtos

orgânicos (Sollins et al., 1996). Principais ligações entre a MOS e óxidos de Fe e Al ocorrem através de atrações eletrostáticas, pontes de H e troca de ligantes (Oades, 1989).

Interações organominerais podem estabilizar a MOS, por dificultarem a acessibilidade de enzimas e de microrganismos, ou por conferirem uma estabilidade puramente química (Lutzow et al., 2006). Essas interações podem ocorrer por meio de vários mecanismos, como ligação eletrostática, ponte de hidrogênio, força de van der Waals, troca de ligantes e pontes de cátions polivalentes (Stevenson, 1994; Lutzow et al., 2006).

A estabilidade da MOS pela associação com a fração mineral do solo é resultante da formação de ligações estáveis entre a MOS e os cátions metálicos e os minerais do solo (Martin Neto et al., 1996). A formação e estabilidade do complexo organomineral são grandemente afetadas pela especificidade da reação, destacando-se os óxidos de Fe e de Al como os sorventes mais importantes no solo (Dick et al., 2003). Já os íons metálicos considerados como potenciais estabilizantes da MOS são Ca^{+2} , Al^{+3} e Fe^{+3} , além de metais pesados (Lützow et al., 2006).

A proteção química da MOS é dependente também da textura. A fração areia está associada à matéria orgânica livre ou lábil, desempenhando importante função na ciclagem de nutrientes do solo (Conceição et al., 2005). As frações silte e argila estão associadas à maior parte do carbono orgânico dos solos, na fração não lábil, sendo um material mais transformado e amorfo sem estrutura reconhecível de materiais vegetais ou da meso e microfauna (Roscoe e Machado, 2002).

Silva et al. (2008) atribuíram a estabilização da fração da MO resistente a oxidação à interação de grupos carboxílicos ligados a estruturas alifáticas e aromáticas com óxidos de Fe de baixa cristalinidade em solos de altitude no Sul do Brasil. Dick et al. (2005) empregando espectroscopia de RMN de ^{13}C , observaram razoáveis quantidades de estruturas tipo C O-alquil (37 a 51%) na MOS de Latossolos sob vegetação nativa, o que foi relacionado ao teor e ao tipo de óxidos de ferro. Os autores concluíram que a interação da MOS e óxidos de Fe também afeta a qualidade da mesma.

Rumpel e Kögel-Knabner (2011), em uma ampla revisão sobre a dinâmica da MOS distribuída em profundidade, verificaram que a associação da matéria orgânica com os minerais do solo, Fe de baixa cristalinidade e

óxidos de Al, foi o mecanismo mais importante na estabilização da MOS em profundidade. Outro importante mecanismo de estabilização em horizontes subsuperficiais pode ser a oclusão da matéria orgânica em agregados do solo. Ademais, a matéria orgânica derivada da microbiota parece contribuir mais para a MOS em profundidade que a matéria orgânica derivada da vegetação.

3. HIPÓTESES

- O acúmulo de C é favorecido pela menor taxa de decomposição da MOS decorrente da maior altitude, maior precipitação e menor temperatura, e/ou das condições climáticas de transições secas/úmidas;
- O acúmulo e estabilidade da MOS, bem como o espessamento do horizonte A húmico está relacionado à natureza recalcitrante da MOS;
- Solos situados em altitudes elevadas apresentam MOS com composição química diferente daqueles situados em menor altitude.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

Caracterizar Latossolos com horizonte A húmico na Província Borborema, Nordeste do Brasil, quantificando e caracterizando a matéria orgânica e sua relação com os fatores de formação dos solos a fim de obter subsídios para melhor entendimento sobre a estabilidade da matéria orgânica nestes solos.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar morfológica, física, química e mineralogicamente, e classificar solos com horizonte A húmico na Província Borborema;
- Avaliar a atividade microbiana e o potencial de mineralização da matéria orgânica por meio de incubação do solo em função do tempo;
- Identificar a origem primária da matéria orgânica do solo por meio de técnicas isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$);
- Identificar a natureza química da matéria orgânica desses solos por meio de técnicas espectroscópicas e termodegradativas;
- Identificar as possíveis relações das frações orgânicas com os atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Seleção e localização das áreas de estudo

A escolha dos perfis de solo que integram esse trabalho baseou-se em conhecimentos prévios a cerca da perspectiva de ocorrência de solos com horizonte A húmico, além de visitas prévias de campo para reconhecimento dos solos. A escolha dos perfis também contemplou condições contrastantes de clima, altitude e posição no relevo a fim de obter uma caracterização quanto à distribuição destes solos na região, além de possibilitar a investigação dos fatores de formação do solo na acumulação da matéria orgânica.

Os perfis estudados estão localizados em três mesorregiões fisiográficas: Zona da Mata e Agreste de Pernambuco, e Sertão com clima altimontano na Chapada do Araripe, no Ceará.

Foram selecionados dois perfis na Zona da Mata de Pernambuco, nos municípios de Itambé (Perfil 1 – P1) e Paudalho (Perfil 2 – P2); dois perfis em ambientes altimontanos no Agreste de Pernambuco, nos municípios de Caruaru, Serra dos Cavalos (Perfil 3 – P3), e Brejão (Perfil 4 – P4); e dois perfis na Chapada do Araripe (FLONA – Floresta Nacional do Araripe) no Sul do Ceará, no município do Crato, amostrados em áreas próximas, sendo um perfil coletado com a perspectiva de que apresentasse horizonte A húmico (Perfil 5 – P5), e outro perfil amostrado com a perspectiva de que não apresentasse horizonte A húmico (Perfil 6 – P6), visando à comparação entre eles. A localização dos perfis de solos estudados podem ser visualizados na Figura 3, enquanto as coordenadas geográficas, a altitude e parâmetros climáticos de ocorrência dos locais estudados em relação às demais áreas pode ser visualizada na Tabela 1.

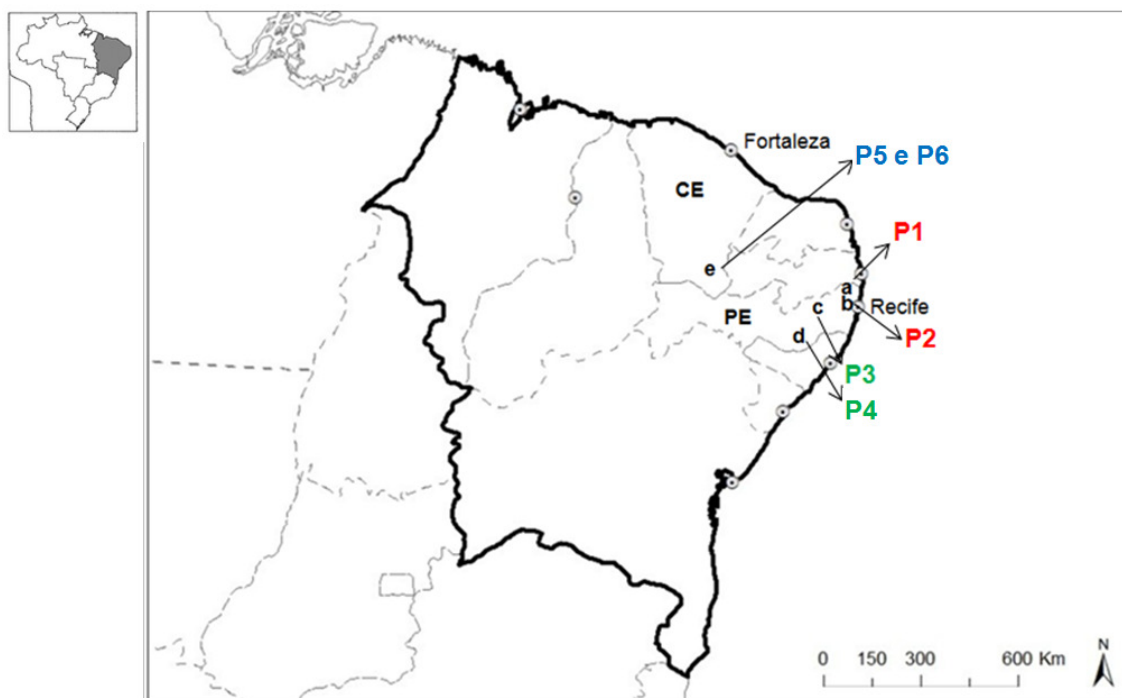


Figura 3. Localização dos perfis de solos estudados (a: P1-Itambé; b: P2-Paudalho; c: P3-Caruaru; d: P4-Brejão; e: P5-Crato; e': P6-Crato).

Tabela 1. Coordenadas geográficas, altitudes e parâmetros climáticos dos locais estudados

Perfil	Coordenada	Altitude (m)	Temperatura ¹ (°C)	Precipitação ¹ (mm)
P1-Itambé	07° 25' 23,2" S 35° 10' 51,5" W	178	24	1.200
P2-Paudalho	07° 51' 58,2" S 35° 12' 17,1" W	143	25	1.702
P3-Caruaru	08° 22' 23,3" S 36° 01' 40,1" W	874	24	900
P4-Brejão	07° 32' 12" S 37° 13' 69" W	820	22	1.404
P5-Crato	07° 14' 24,8" S 39° 29' 15,1" W	947	23	1.100
P6-Crato	07° 14' 54,1" S 39° 29' 50,7" W	963	23	1.100

¹média anual

5.2. Descrição geral das áreas de estudo

A geomorfologia, o relevo, a geologia, o clima e a vegetação das áreas estudadas estão descritas conforme CPRM (2005a,b,c,d,e).

5.2.1. Domínios geomorfológicos e Relevo

Os municípios de Itambé e Paudalho localizam-se na Zona da Mata, na Microrregião da Mata setentrional. Ambos os municípios estão localizados predominantemente numa área denominada como Depressão Periférica oriental citada por Ab'Sáber (1998), ou “Níveis que antecedem a Borborema”, esses terrenos compreende a porção mais oeste da Faixa Sedimentar Costeira, entre a unidade geoambiental dos Tabuleiros Costeiros e o Maciço da Borborema propriamente dito (Araújo Filho et al., 2000). Todavia, Itambé tem parte de sua área, a leste, inserida nos Tabuleiros Costeiros, e uma pequena porção a oeste, onde foi coletado o perfil, na unidade Depressão Periférica, com um relevo regional geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados. No município de Paudalho, na maior parte da sua área, inclusive na área de coleta do perfil, predomina os baixos platôs dos Tabuleiros Costeiros, relativamente dissecados, e parte de sua área a leste está inserida na unidade geoambiental das Superfícies Retrabalhadas.

Os municípios de Caruaru e Brejão estão localizados no Agreste, nas Microrregiões do Vale do Ipojuca e de Garanhuns, respectivamente. Estão inseridos na unidade geoambiental do Planalto da Borborema. Os locais de coleta dos perfis situam-se em ambientes altimontanos localmente conhecidos como “Brejos de Altitude”. Ambos, com relevo geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados.

A Chapada do Araripe localiza-se no contexto do alto Sertão nordestino e consiste de um vasto planalto sedimentar. Constitui-se na porção topográfica mais elevada da região, de relevo tipicamente tabular, com altitude variando de 600 a 960 metros.

Todos os perfis de solo coletados estão situados em posição de topo, exceto o P3 (Caruaru), que se encontra em terço médio de encosta, em relevo forte ondulado e montanhoso, com declividades entre 25 e 45 %.

5.2.2. Geologia

Todas as áreas estudadas encontram-se inseridas, geologicamente, na Província Borborema.

Nos municípios de Itambé e Paudalho, a geologia das áreas estudadas é constituída pelos litotipos do complexo Vertentes. Nos topos das elevações é comum um recobrimento de sedimentos terciários pouco espessos sobre o embasamento cristalino (Araújo Filho et al., 2000).

Em Caruaru, os litotipos Suítes Peraluminosa Xingó ocupam as áreas estudadas. Já a área estudada, em Brejão, está inserida no Complexo Belém de São Francisco, e nos topos das elevações é comum um capeamento de sedimentos terciários, congêneres aos da Formação Barreiras, sobre o embasamento cristalino (Araújo Filho et al., 2000).

No topo da Chapada do Araripe destaca-se a Formação Exu, que constitui uma capa sedimentar contínua em toda a extensão da chapada, representada por uma sequência monótona de arenitos vermelhos friáveis, em geral caulínicos, de granulometria variável, contendo leitos intercalados de arenitos grosseiros a conglomeráticos.

5.2.3. Clima

Os municípios de Itambé e Paudalho localizam-se no contexto do clima As', de Köppen, que é do tipo tropical chuvoso, com verão seco. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro. Em Itambé, as temperaturas médias anuais variam de 30°C (máxima) a 20°C (mínima), e a pluviosidade média anual é de 1.200 mm. Paudalho apresenta temperatura e precipitação pluvial média anual de 25°C e 1.702 mm, respectivamente (Fundação de Desenvolvimento Municipal do Interior de Pernambuco, 1994).

As áreas de estudos localizadas em Caruaru e Brejão destacam-se por apresentar condições diferenciadas do macroclima regional devido à ocorrência de planaltos. O clima é classificado, segundo Köppen, como Cs'a, mesotérmico com inverno seco e quente. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se adiantar até outubro. Na área de Serra dos Cavalos (Caruaru), a temperatura média anual fica em torno dos 24°C, a

precipitação pluvial média anual está entre 650-900 mm (CPRH, 1994). Em Brejão, a precipitação e temperatura médias anuais são de 1.404 mm e 22°C, sendo a temperatura no mês mais frio 17°C (LAMEPE/ITEP, 2009).

Na Chapada do Araripe, na área da FLONA, o clima é Cs'a, segundo Köppen, caracterizado como tropical chuvoso. A precipitação pluvial média é de 1.100 mm, as temperaturas variam de 15 a 31°C, com média em torno de 23°C (Lopes e Silva, 1998). O período de estiagem é de aproximadamente 5 a 6 meses e ocorre durante o inverno (maio a dezembro).

5.2.4. Vegetação

Todos os perfis foram amostrados em áreas de preservação ambiental.

Em Itambé, a vegetação na área de coleta do perfil é a Floresta Subcaducifólica, própria do Agreste. Em Paudalho, a vegetação é do tipo Floresta Subcaducifólica, consistindo de um bosque caracterizado por sérias interferências antrópicas, e próximo a um canavial.

Em Caruaru e Brejão, a vegetação nas áreas de coleta dos perfis é do tipo Floresta Subperenifólia. Melo e Rodal (2003) estudando as florestas serranas de Pernambuco verificaram que o índice de conservação dos remanescentes é bastante precário em razão da forte ação antrópica. Assim, esses ecossistemas são caracterizados pela cobertura vegetal secundária na qual raramente ocorrem trechos de formação primária.

Na área da FLONA, a vegetação nativa cobre, praticamente, a sua totalidade é representada por cerca de 42% de cerrado, 37% de cerradão, 12% de mata úmida e 7% de carrasco, predomínio de plantas lenhosas (vegetação caducifólica) (Toniolo e Kazmierczak, 1998).

5.3. Amostragem e preparo das amostras de solo

5.3.1. Caracterização dos solos

Foram abertas trincheiras com 200 cm de profundidade para descrição morfológica dos perfis e coleta de amostras deformadas e indeformadas em todos os horizontes para as análises físicas e químicas de caracterização dos solos, segundo recomendações de Santos et al. (2005). Os perfis foram

classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo - SiBCS (EMBRAPA, 2013).

As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

5.3.2 Caracterização da MOS

Para a caracterização química da MOS foram coletadas amostras em camadas específicas. Foram coletadas amostras de solo de 10 em 10 cm, até 100 cm de profundidade para as análises isotópicas e determinação do carbono da biomassa microbiana do solo. Foram selecionados três perfis de solo para o fracionamento químico da MOS e análises espectroscópicas e termodegradativas, cada perfil representou uma mesorregião fisiográfica: Zona da Mata (P1-Itambé), Agreste (P3-Caruaru) e Sertão (P5-Crato) com clima altimontano na Chapada do Araripe. Nestes perfis, P1, P3 e P5, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de: 0-5; 5-10; 30-40 e 80-90 cm.

Em todas as áreas amostradas foram tomadas amostras da serrapilheira e aferido a espessura da mesma, exceto em Paudalho.

5.4. Análises para caracterização dos solos

5.4.1. Análises físicas

As análises físicas foram realizadas de acordo com EMBRAPA (1997) e incluíram: a composição granulométrica determinada após remoção da matéria orgânica com uso de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) pelo método do densímetro, empregando-se o NaOH como dispersante químico; as frações areia grossa (AG) e areia fina (AF) foram obtidas por tamisação; a argila dispersa em água (ADA) foi determinada pelo método do densímetro; a densidade do solo (D_s) pelo método do anel volumétrico e a densidade das partículas (D_p) pelo método do balão volumétrico. Foram calculados o grau de floculação (GF) e a relação silte/argila.

5.4.2. Análises químicas

Foram realizadas as seguintes análises químicas de acordo com EMBRAPA (1997): pH em água e KCl 1 mol L⁻¹, com relação solo:solução de 1:2,5; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por titulometria; K⁺ e Na⁺ trocáveis determinados por espectrofotometria de chama, após extração com Mehlich-1, o qual extraiu também o P disponível, que foi determinado por colorimetria; H+Al foi extraído com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹. A partir de tais resultados foram calculados: soma de bases (S); capacidade de troca de cátions (T); saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (valor m).

Os teores de carbono total (CT) foram determinados por combustão seca (950°C) num analisador elementar (NCS Soil Analyzer Flash EA 1112) na University of Guelph, Canadá. Enquanto que os conteúdos de carbono orgânico (CO) foram analisados por via úmida com dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,4 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 1997).

O carbono lábil (C-lábil) foi determinado por meio da oxidação com solução de permanganato de potássio (KMnO₄) 0,2 mol L⁻¹ (Mendonça e Matos, 2005). Amostras da TFSA moídas e passadas em peneira de malha de 0,2 mm foram utilizadas para análise dessas frações de carbono.

A diferença entre os valores de CT e de CO foi denominada de carbono resistente à oxidação (C-res). Esta fração presumivelmente inclui o C pirogênico (Black carbon), que tem elevada resistência à decomposição.

5.4.3. Extração seletiva de ferro e alumínio

O ferro e o alumínio nas formas cristalinas, Fe_d e Al_d respectivamente, foram determinados após extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (Mehra e Jackson, 1960), e as formas pobremente cristalinas, Fe_o e Al_o, foram extraídas por uma única extração com oxalato ácido de amônio (OAA) (Mckeague e Day, 1966). Os teores de Fe e Al foram extraídos por pirofosfato de sódio, o qual possui poder de extração destes elementos ligado à matéria orgânica (Mckeague; Brydon; Miles, 1971;

Mckeague, 1967). O teor de Fe e Al nos extratos foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica.

5.4.4. Digestão sulfúrica

Os teores de Si, Al, Fe e Ti foram determinados por digestão sulfúrica em amostras de 1,0 g de TFSA (EMBRAPA, 1997). A partir dessas concentrações, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 , foram calculadas as razões moleculares Ki e Kr (Resende; Santana, 1988), que são empregadas como índices de intemperismo.

5.4.5. Análises mineralógicas

A caracterização mineralógica foi realizada com as amostras dos horizontes A1 e B (Bw) mais inferior dos 6 perfis estudados.

A fração argila foi separada por decantação e a composição mineralógica determinada por difratometria de raios-X (DRX), após pré-tratamentos para eliminação da matéria orgânica utilizando H_2O_2 30 mL L⁻¹ (Jackson, 1975). Os difratogramas foram produzidos a partir de amostras na forma de pó não orientado, e da argila natural orientada e da argila aquecida a 350°C e 550°C.

Os critérios empregados para interpretação dos difratogramas e na identificação dos minerais foram baseados no espaçamento interplanar (d) e no comportamento dos picos de difração frente aos tratamentos térmicos empregados, conforme apresentado por Jackson (1975) e Brown e Brindley (1980).

5.4.6. Análises de correlação

Foi realizada a análise de correlação linear entre as frações de C e os atributos dos solos (propriedades físicas, químicas e mineralógicas) em superfície e subsuperfície, usando-se o programa SAS (9.1).

5.5. Caracterização da MOS

5.5.1. Composição isotópica

A composição dos isótopos do C e N ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$), e os teores de C e N total no material estudado foram determinados em amostras de serrapilheira e solo.

Amostras moídas e homogeneizadas foram colocadas em cápsulas de estanho com 8×5 milímetros (Elemental Microanálise Ltd, Okehampton, Reino Unido). A quantidade de amostra de solo variou de 13 a 40 mg, dependendo da concentração de carbono orgânico, enquanto que 3 mg foi suficiente para amostras de serrapilheira. Estes pesos de amostra fornecem entre 300 e 540 μg (média de 420 μg) de carbono orgânico necessária para a análise em espectrômetro de massa. As cápsulas de estanho com as amostras foram cuidadosamente seladas, comprimidas (para remover o CO_2 retido) e armazenadas em placas de cultura celular de poliestireno com 96 poços Costar[®] (Corning Costar Corp, Corning, NY).

Carbono, nitrogênio, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foram simultaneamente determinados pelo fluxo contínuo de isótopos da proporção de espectrometria de massa (CF-IRMS) utilizando um analisador elementar ANCA GSL (EA), acoplado a um Tracer/20 espectrômetro de massa. Amostras em cápsulas de estanho sofrem uma combustão a 1.000°C no AE, após isso os produtos da combustão (CO_2 , N_2 , e NO_x H_2O) são dirigidos através de um tubo de redução (preenchido com fio de cobre) a 650°C (para converter óxidos de N a N_2). Os gases CO_2 e N_2 são arrastados pelo fluxo de hélio através de uma coluna cromatográfica (GC), o qual executa a separação dos gases. Os gases sequencialmente entram no IRMS onde os isótopos índices são medidos em relação a um pulso de gás de referência (Barrie e Prosser, 1996).

A abundância natural de ^{13}C e ^{15}N é expressa em desvios (δ) por mil (‰) de um padrão internacional (eq. 5.1). O padrão do C é a Pee dee Belemnite (PDB), formação rochosa calcárea da Carolina do Sul, EUA, enquanto o padrão do N é o ar atmosférico.

$$\delta (\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) 1000 \quad (5.1)$$

Em que, R é igual à razão molar $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$, ou $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$, na amostra e no padrão.

5.5.2. Carbono da biomassa microbiana (CBM)

A determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM) foi realizada em amostras de solo coletadas de 10 em 10 cm até 100 cm em todos os perfis a fim de avaliar a contribuição dessa fração de C em profundidade. Utilizou-se o método da irradiação-extração, que analisa a biomassa microbiana extraível em solução aquosa de K_2SO_4 a $0,5 \text{ mol L}^{-1}$. A irradiação de 20 g de solo foi feita utilizando-se um forno microondas doméstico (Swift, 1996). A irradiação, além de matar, rompe as células microbianas liberando o citoplasma para o meio, permitindo a determinação do C presente na amostra. A mesma quantidade de solo não foi submetida à irradiação, fazendo-se a extração direta com K_2SO_4 a $0,5 \text{ mol L}^{-1}$. Foi determinado o C nos extratos das amostras irradiadas e não-irradiadas utilizando o método colorimétrico (Bartlett e Ross, 1988), que utilizou o permanganato de potássio, em meio ácido, como agente oxidante. Foi calculada a razão entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono total, CBM/CT.

5.5.3. Mineralização da MOS em estudo de incubação

5.5.3.1. Efluxo de CO_2

O ensaio de incubação do solo foi realizado segundo Pengthamkeerati et al. (2005), objetivando avaliar o potencial de mineralização dos solos e o possível grau de humificação dos mesmos. Foram utilizadas amostras de solo de todos os perfis estudados, sendo cinco amostras por perfil em duplicata, totalizando 60 amostras. Na tentativa de obter amostras de horizontes semelhantes entre os perfis, a correspondência entre as profundidades foi, na maioria das vezes, aproximada. Foram coletadas amostras nas profundidades aproximadas entre: 0-20, 20-45, 45-88, 88-145 e 145-200 cm, e foram

denominadas de camada 1, camada 2, camada 3, camada 4 e camada 5, respectivamente. Foi obtida a razão entre a liberação de CO₂ (carbono potencialmente mineralizável – C_o) e o carbono total, C_o/CT, que expressa o potencial de mineralização de carbono dos solos.

Utilizou-se 20 g de TFSA e 20 g de areia pura para melhorar a aeração do solo, essa mistura foi homogeneizada, e corrigido a umidade em 10% na base de massa. As amostras umedecidas foram colocadas em potes de vidro com capacidade de 1L, e fechadas com tampas de rosca, com septos para amostragem de gás. Em seguida, os frascos foram fechados hermeticamente e mantidos a temperatura de 23°C e em local escuro durante todo período de incubação (Hart et al., 1994).

O efluxo de CO₂ do solo foi medido 2, 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o início da incubação. Com uso de uma seringa, misturou-se uniformemente o gás do espaço da cabeça do frasco e, em seguida, amostras de gás foram tomadas de cada frasco. Para a manutenção na umidade das amostras, a reposição de água foi realizada semanalmente, ou por ocasião das coletas de gás. As concentrações de CO₂ nas amostras de gás foram medidas usando um cromatógrafo em fase gasosa (CG). O hélio foi usado como gás transportador a um vazão de arraste de 20 mL min⁻¹.

Como os valores de CO₂ quantificados são fornecidos pelo equipamento pela porcentagem de área do pico em função do tempo de retenção, foi necessária a calibração do aparelho com uma curva de calibração (386 a 5040 ppm de CO₂).

5.5.3.2 Mineralização de N

As determinações de N-mineral, amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻), foram realizadas nas mesmas amostras de solo submetidas à incubação após 45 dias. O N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ foram quantificados de acordo com Maynard et al. (2008). Resumidamente, 20 g de solo foram agitados com 200 mL de K₂SO₄ a 1 M por 30 min. O filtrado foi analisado colorimetricamente num Auto Analisador 3 (SEAL Analytical Inc., Mequon, WI).

5.5.4. Fracionamento químico da MOS

O fracionamento químico da MOS foi executado nas amostras de solo das camadas de 0-5, 5-10, 30-40 80-90 cm dos perfis P1, P4 e P6.

Os procedimentos utilizados para extração de ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina (HUM) do solo foram os comumente utilizados pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS – International Humic Substances Society) e propostos por Swift (1996).

Foram utilizados 3 g da TFSA que foram agitados com 30 mL de NaOH ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) por 16 h sob atmosfera inerte (N_2) para prevenir oxidação durante a extração da MOS. A suspensão foi centrifugada a 11.000 rpm, e seu extrato coletado. Os extratos foram acidificados até pH 2 com HCl 6 mol L^{-1} para precipitação dos ácidos húmicos, separando-os dos ácidos fúlvicos. Posteriormente, foi determinado o CT por combustão seca (950°C) num analisador elementar (NCS Soil Analyzer Flash EA 1112) em todas as frações húmicas.

A fração humina foi submetida à purificação com HF 10% segundo Gonçalves et al. (2003) objetivando diminuir o teor de cinzas das amostras, esse procedimento foi repetido seis vezes. A humina foi seca em estufa a 45°C .

5.5.5. Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros no infravermelho da fração humina purificada com HF 10% foram obtidos na faixa de $4.000\text{-}400 \text{ cm}^{-1}$, com emprego de pastilhas de KBr (0,1 mg de humina + 200 mg de KBr seco), utilizando um espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier, FTIR Spectrum Two, fabricado pela Perkin-Elmer. Cada espectro foi obtido utilizando 16 varreduras, com uma resolução de 4 cm^{-1} . As leituras foram feitas em transmitância versus número onda (em cm^{-1}).

5.5.6. Calorimetria de Varredura Diferencial e termogravimetria (CVD-TG)

Medições termodegradativas foram feitas na fração humina purificada com HF 10% por meio de Calorimetria de Varredura Diferencial e termogravimetria (CVD-TG), realizadas simultaneamente usando um analisador térmico Netzsch STA 449. As amostras foram aquecidas a partir da temperatura ambiente (aproximadamente 23°C) a 950°C a uma velocidade linear de 10°C min⁻¹, numa atmosfera de N₂. Utilizou-se 20 mg de humina e cadinho de alumina vazio foi usada como a amostra referência.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Caracterização dos solos

6.1.1. Atributos morfológicos

As descrições morfológicas dos perfis de solo estão no Apêndice A, e de forma resumida na Tabela 2.

Os perfis estudados apresentam feições típicas de solos com elevada evolução pedogenética. São profundos, bem acentuadamente drenados, e com horizonte A escuro.

Os perfis de solos estudados apresentam basicamente a mesma sequência de horizontes (A1, A2, A3, AB, BA e Bw), porém, os perfis P3 (Caruaru) e P5 (Crato) apresentaram horizonte A menos espesso, sem o sub-horizonte A3, enquanto o horizonte A do P6 (Crato) é ainda menos espesso, com a sequência: A1, AB, BA, Bw1 e Bw2, evidenciando o distinto movimento descendente da matéria orgânica nos pedoambientes estudados (Figura 4). Os perfis 3, 5 e 6 apresentam o horizonte orgânico Oo, resultante do acúmulo de resíduos orgânicos superficiais, indicando maior preservação da vegetação nestes locais, sendo que no P5, esse horizonte é maior (8 cm) do que no P3 (4 cm) e P6 (3 cm). O relevo, praticamente plano no P5, possivelmente contribuiu para o maior acúmulo de matéria orgânica neste solo, ao contrário do P3 que se encontra em relevo forte ondulado. Os perfis P5 e P6, embora situados relativamente próximos, apresentam uma diferença quanto à espessura do horizonte Oo, refletindo a diferença da vegetação dessas áreas, relativamente mais seca e esparsa sobre o P6. Já o perfil P1 apresentou a sequência: A1, A2, A3, A4, A/B, B/A e Bw, sendo que os horizontes transicionais intermediários (A/B e B/A) são resultantes de penetrações de material do horizonte A4 no material do Bw, em consequência do enraizamento ou outra atividade biológica. Nos perfis P3 e P4 são frequentes as cavidades biológicas. No P3, essas cavidades foram claras, com interdigitação entre os horizontes A até o horizonte BA. A bioturbação é evidente em Latossolos (Silva e Vidal-Torrado, 1999; Schaefer et al. 2001; Calegari et al., 2013), e apontada como fundamental na melanização e espessamento do horizonte húmico por retrabalhamento progressivo (Silva e Vidal-Torrado, 1999), enquanto Marques

et al. (2011) apontaram os artrópodes como responsáveis pela intensa atividade biológica. Os pedotúbulos são descritos como bem preservados em Latossolos com alto teor de argila (Silva e Vidal-Torrado, 1999; Marques et al. 2011). Essa atividade biológica de longa duração leva, também, à homogeneização da matéria orgânica em profundidade nos perfis, os quais apresentaram, predominantemente, transições graduais e planas entre os horizontes.

Os perfis de solo apresentam cores escuras em superfície e mesmo em horizontes profundos, e cores amareladas em subsuperfície, predominando o matiz 10YR, exceto em P3 (matiz 7,5YR e 5YR), e P5 e P6 (7,5YR) nos horizontes subsuperficiais. Os horizontes A dos perfis estudados apresentam cor escura, caracterizado por possuir predominantemente valor e croma igual ou inferior a 2 (cor úmida) no P1, enquanto os demais perfis mostraram-se ligeiramente mais claros, com valor e croma, predominantemente, igual a 3. No entanto, embora o escurecimento observado nestes horizontes seja consequência do relativo grande acúmulo de C, as variações de cores não implicam em variação do teor de C na mesma intensidade, ao contrário, no P5, ligeiramente mais claro superficialmente (10 YR 3/3, úmida) apresentou quase o dobro do teor de C observado no P1, mais escuro (10 YR 2/2).

O maior espessamento (desenvolvimento) do horizonte A húmico não foi observado nos perfis de solo localizados em áreas de exceção (planalto e chapada), apenas o P4, localizado em posição de topo de elevação no Planalto da Borborema, mostrou 100 cm de espessura no horizonte A. Os perfis mais desenvolvidos foram o P1 (120 cm) e o P2 (115 cm), ambos localizados na Zona da Mata pernambucana, refletindo um expressivo potencial para acumular C em profundidade nestes solos.

Menor desenvolvimento para o horizonte A é observado em P3 (Serra dos Cavalos), com 75 cm de espessura, possivelmente devido a sua posição no terço superior de vertente e altos teores de argila, e nos perfis P5 e P6, com 70 e 55 cm de espessura, respectivamente, ambos descritos na Chapada do Araripe. A maior espessura do horizonte A observado para o perfil P4 é, possivelmente, favorecido pela textura, uma vez que apresenta uma textura média (franco-argilo-arenosa), sendo que a fração areia confere menor superfície de contato para ligação com os componentes orgânicos,

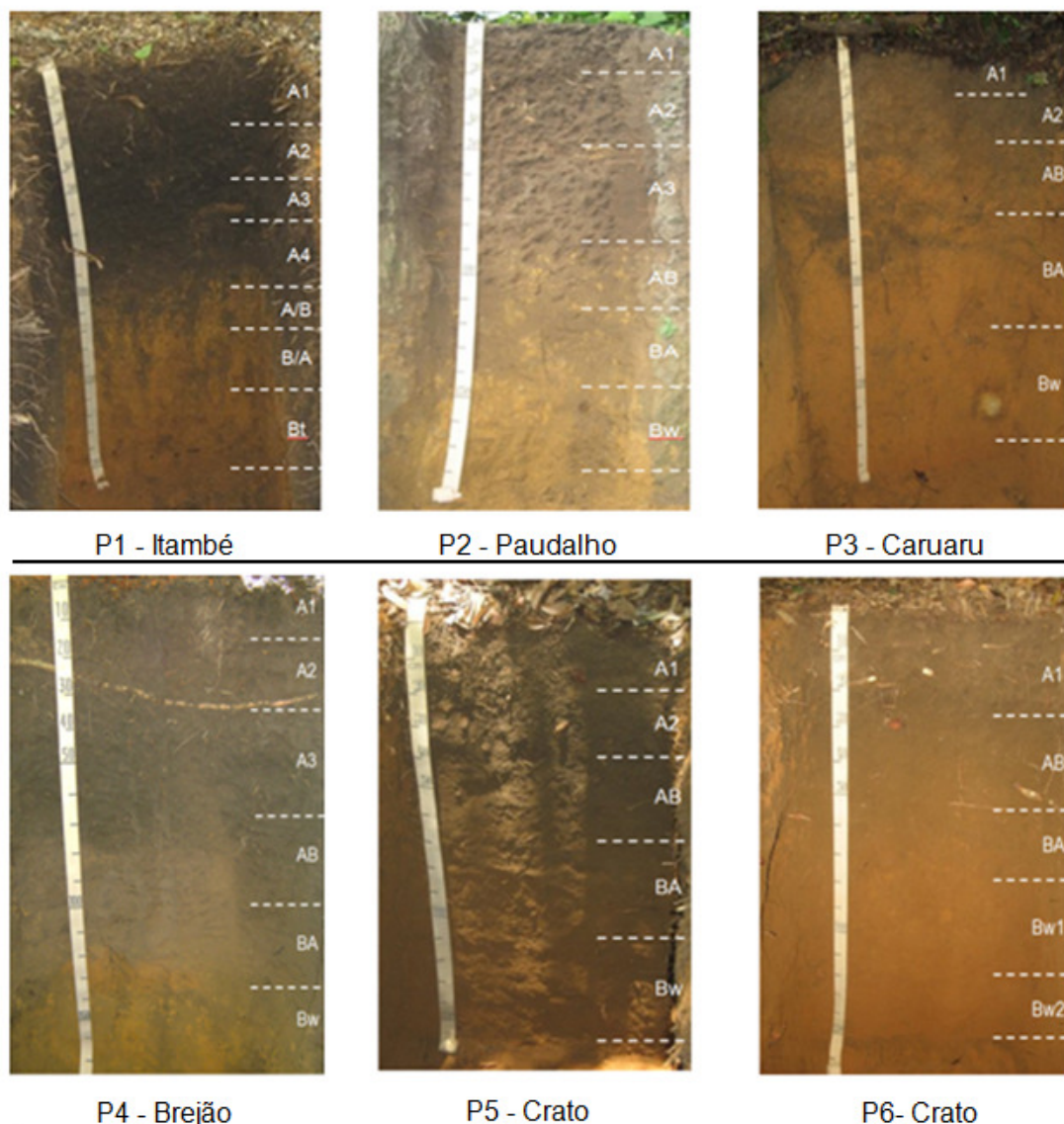


Figura 4. Perfis de solo estudados (P1-Itambé, P2-Paudalho, P3-Caruaru, P4-Brejão, e P5 e P6-Crato).

favorecendo a penetração da MOS em profundidade. Isto está de acordo com Calegari (2008) que relacionou o espessamento do horizonte A húmico à textura, estabilidade morfogenética das áreas, atividade biológica e a presença de carvão em Latossolos com horizonte A húmico.

A estrutura mais preservada no horizonte A1, se apresenta forte pequena a média granular para os perfis 1, 2, 3 e 5, e grau de desenvolvimento moderado a forte no perfil 4, e moderado no perfil 6. No horizonte A2 de todos os perfis ainda predomina a estrutura pequena a média granular, com grau moderado nos perfis 1, 4 e 5, e fraco nos perfis 2 e 6, enquanto o P3 manteve

Tabela 2. Atributos morfológicos dos perfis de solos nos municípios de Itambé e Paudalho

Hor.	Prof. (cm)	Cor		Estrutura	Textura	Transição
		Úmida	Seca			
P1 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Itambé)						
A1	0-20	10YR 2/2	-	Forte pequena e média granular	Argilo-arenosa	Gradual e plana
A2	20-45	10YR 2/1	-	Moderada pequena e média granular	Argilosa	Difusa e plana
A3	45-75	10YR 2/1	-	Moderada pequena e média granular e fraca pequena e média blocos subangulares	Argilosa	Gradual e plana
A4	75-97	10YR 3/2	-	Moderada pequena e média granular e fraca pequena e média blocos subangulares	Argilosa	Clara e plana
A/B	97-120	10YR 3/3	-	Fraca pequena e média granular e blocos subangulares	Muito argilosa	Gradual e ondulada
B/A	120-155	10YR 5/6	-	Moderada pequena e média blocos angulares	Muito argilosa	Gradual e plana
Bw	155-200	7,5YR 5/8	-	Fraca muito pequena e média blocos subangulares e angulares	Muito argilosa	
P2 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Paudalho)						
A1	0-20	10YR 2/2	10YR 3/2	Forte pequena e média granular	Argilo-arenosa	Gradual e plana
A2	20-50	10YR 3/2	10YR 4/2	Fraca e moderada pequena e média granular e blocos subangulares	Argilo-arenosa	Gradual e plana
A3	50-88	10YR 3/2	10YR 4/2	Fraca pequena e média blocos subangulares e maciça moderadamente coesa	Argilo-arenosa	Gradual e plana
AB	88-115	10YR 3/4	10YR 4/4	Fraca pequena e média blocos subangulares	Argilo-arenosa	Gradual e plana
BA	115-145	10YR 4/6	-	Fraca muito pequena e média blocos subangulares	Muito argilosa	Gradual e plana
Bw	145-180	10YR 5/6	-	Fraca muito pequena e média blocos subangulares	Muito argilosa	

(continua)

Tabela 2. Atributos morfológicos dos perfis de solos nos municípios de Caruaru e Brejão

Hor.	Prof. (cm)	Cor		Estrutura	Textura	Transição
		Úmida	Seca			
P3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (Caruaru)						
A1	0-20	7,5YR 4/3	-	Forte pequena e média granular	Argilosa	Gradual e plana
A2	20-40	7,5YR 4/4	-	Forte pequena e média granular	Argilosa	Gradual e plana
AB	40-75	5YR 4/6	-	Moderada muito pequena e média blocos subangulares	Argilosa	Gradual e plana
BA	75-120	5YR 5/6	-	Fraca muito pequena e pequena blocos subangulares	Muito argilosa	Difusa e plana
Bw	120-180	5YR 5/8	-	Maciça e fraca muito pequena e pequena blocos subangulares	Argilosa	
P4 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Brejão)						
A1	0-15	10YR 3/2	-	Moderada a forte pequena e média granular	Franco-argilo-arenosa	Gradual e plana
A2	15-35	10YR 3/3	-	Moderada pequena e média granular	Franco-argilo-arenosa	Gradual e plana
A3	35-67	10YR 3/3	-	Fraca pequena granular e blocos subangulares	Franco-argilo-arenosa	Gradual e plana
AB	67-100	10YR 4/3	-	Fraca pequena blocos subangulares	Argilo-arenosa	Difusa e plana
BA	100-135	10YR 4/4	-	Maciça moderadamente coesa e fraca pequena blocos subangulares	Argilo-arenosa	Gradual e plana
Bw	135-190	10YR 5/8	-	Fraca muito pequena blocos subangulares	Argilo-arenosa	

(continua)

Tabela 2. Atributos morfológicos dos perfis de solos no município do Crato

Hor.	Prof. (cm)	Cor		Estrutura	Textura	Transição
		Úmida	Seca			
P5 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)						
A1	0-20	10YR 3/3	10YR 4/3	Forte muito pequena e pequena granular	Argilo-arenosa	Gradual e plana
A2	20-40	10YR 3/3	10YR 4/3	Moderada pequena e média granular e fraca pequena blocos subangulares	Argilo-arenosa	Gradual e plana
AB	40-70	10YR 3/4	10YR 3/3	Fraca pequena e média granular e blocos subangulares	Argilo-arenosa	Gradual e plana
BA	70-110	7,5YR 4/6	-	Fraca pequena blocos subangulares	Argilo-arenosa	Difusa e plana
Bw	110-160	7,5YR 5/8	-	Fraca pequena e média blocos subangulares	Argilosa	
P6 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)						
A1	0-28	10YR 3/3	10YR 4/2	Moderada muito pequena e pequena granular	Argilo-arenosa	Gradual e plana
AB	28-55	10YR 3/4	10YR 4/4	Fraca pequena granular e blocos subangulares	Argilo-arenosa	Gradual e plana
BA	55-80	7,5YR 4/4	10YR 4/6	Fraca muito pequena e pequena blocos subangulares	Argilo-arenosa	Difusa e plana
Bw1	80-120	7,5YR 4/6	-	Fraca muito pequena e pequena blocos subangulares	Argilosa	Difusa e plana
Bw2	120-150	7,5YR 5/8	-	Fraca muito pequena e pequena blocos subangulares	Argilosa	

(conclusão)

o grau forte. A forte estruturação observada nos horizontes mais superficiais está relacionada com a presença de raízes finas e os maiores teores de C destes horizontes.

Diferente da maioria dos Latossolos com horizonte A húmicos das regiões Sul e Sudeste do Brasil (Silva e Vidal-Torrado, 1999; Marques et al. 2011), os solos descritos aqui não possuem linhas macroscópicas de fragmentos de carvões em profundidade, o que pode ser indicativo de uma gênese distinta do horizonte A e da natureza química essencialmente diferente da matéria orgânica.

6.1.2. Atributos físicos

Os atributos físicos dos solos estudados são apresentados na Tabela 3.

Os perfis de solo avaliados variam de argilo-arenosos a muito argilosos, exceto o perfil P4, que se apresenta também franco-argilo-arenoso. O teor de argila varia de 281 a 637 g kg⁻¹ no horizonte A húmico, tais teores aumentam em direção aos horizontes subsuperficiais (Bw), no entanto, o incremento gradual de argila em profundidade foi insuficiente para caracterizar o horizonte B textural. Geralmente, os Lh variam de argilosos a muito argilosos, como resultado de uma intensa desilicatilização, a qual precede a acumulação de CO no solo como reportado por Marques et al. (2011). Os baixos teores e distribuição irregular do silte e da relação silte/argila em profundidade refletem o alto grau de intemperismo destes solos.

O valor da densidade do solo (Ds) foi em média 1,14 t m⁻³ no horizonte A e 1,33 t m⁻³ nos horizontes subsuperficiais no perfil P1. No perfil P3 a Ds variou de 1,20 a 0,98 t m⁻³, reduzindo gradativamente em profundidade. Nos perfis P5 e P6 os valores de Ds foram predominantemente abaixo de 1,0 t m⁻³.

A Ds foi alta em quase todos os horizontes para os perfis P2 e P4, provavelmente, por serem solos coesos. O P2, sob sedimentos da Formação Barreiras, apresentou Ds irregular em profundidade, observando-se o maior valor (1,45 t m⁻³) no A1 e o menor (1,29 t m⁻³) no A3 e BA. Enquanto no P4, sob sedimentos congêneres ao da Formação Barreiras, a porção superior do horizonte A apresentou valores de Ds em torno de 1,31 t m⁻³ e os demais horizontes em torno de 1,49 t m⁻³, esses valores tenderam a aumentar em profundidade. O caráter coeso é comumente observado em solos derivados de

sedimentos da Formação Barreiras, atribuído à origem pedogenética (Jacomine, 1975; Achá Panoso, 1976; Lima Neto et al., 2009).

Tabela 3. Atributos físicos dos solos estudados

Horizonte	Prof. (cm)	AG	AF	Silte	Argila	Silte/Argila	Ds (t m ⁻³)	Dp
		----- g kg ⁻¹ -----						
P1 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Itambé)								
A1	0-20	330	176	40	454	0,09	1,17	2,68
A2	20-45	253	131	62	554	0,11	1,07	2,65
A3	45-75	269	152	25	554	0,04	1,09	2,73
A4	75-97	299	125	62	514	0,12	1,17	2,72
A/B	97-120	217	121	25	637	0,04	1,18	2,68
B/A	120-155	147	87	25	741	0,03	1,39	2,73
Bw	155-200	201	10	40	749	0,05	1,28	2,69
P2 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Paudalho)								
A1	0-20	356	222	40	382	0,10	1,45	2,45
A2	20-50	316	153	50	481	0,10	1,35	2,68
A3	50-88	363	155	20	462	0,04	1,29	2,70
AB	88-115	319	143	10	528	0,02	1,44	2,78
BA	115-145	336	31	10	623	0,02	1,29	2,68
Bw	145-180	300	13	10	677	0,01	1,38	2,82
P3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (Caruaru)								
A1	0-20	223	232	36	509	0,07	1,20	2,72
A2	20-40	297	163	16	524	0,03	1,21	2,66
AB	40-75	289	102	10	599	0,01	1,11	2,68
BA	75-120	190	174	8	628	0,01	1,06	2,63
Bw	120-180	195	206	4	595	0,01	0,98	2,77
P4 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Brejão)								
A1	0-15	610	83	26	281	0,10	1,31	2,72
A2	15-35	618	72	18	291	0,06	1,32	2,75
A3	35-67	507	128	33	332	0,10	1,49	2,73
AB	67-100	380	82	30	508	0,06	1,49	2,78
BA	100-135	413	89	18	480	0,04	1,49	2,76
Bw	135-190	369	103	33	498	0,07	1,48	2,77
P5 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)								
A1	0-20	205	320	10	465	0,02	0,86	2,59
A2	20-40	257	232	6	505	0,01	0,94	2,66
AB	40-70	322	161	5	512	0,01	0,96	2,58
BA	70-110	240	219	4	535	0,01	1,02	2,82
Bw	110-160	237	242	11	581	0,02	1,07	2,85
P6 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)								
A1	0-28	212	303	27	458	0,06	0,78	2,60
AB	28-55	265	245	18	472	0,04	0,91	2,67
BA	55-80	302	166	10	522	0,02	0,88	2,77
Bw1	80-120	224	202	8	566	0,01	0,92	2,75
Bw2	120-150	188	215	6	591	0,01	0,90	2,71

De maneira geral, a densidade de partículas apresentou valores em torno de $2,70 \text{ t m}^{-3}$, em todos os perfis, determinado pela natureza mineralógica das frações silte e areia predominantemente quartzosa.

6.1.3. Atributos químicos

Os atributos químicos dos solos estudados estão apresentados na Tabela 4.

Todos os perfis estudados apresentaram elevada acidez e baixo teor de nutrientes proporcionado pelo material parental pré-intemperizado. Tais condições químicas podem constituir limitantes à atividade microbológica decompositora, e, portanto, favorecer a preservação da matéria orgânica no solo.

Em geral, observou-se reação fortemente ácida em todos os perfis estudados, com valores de pH em água maiores que aqueles observados em KCl, indicando a predominância de cargas negativas no complexo de troca. O pH em água variou de 4,5 a 5,7 em profundidade em todos os perfis. A forte acidez nestes solos já era esperada, uma vez que a acidificação é comum em solos derivados de material originário pobre em bases, além disso, a decomposição da matéria orgânica pode contribuir para acidificação dos mesmos, o que é observado nos horizontes mais superficiais.

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, e P disponível foram baixos, verificando-se maiores teores no sub-horizonte mais superficial de todos os perfis em relação aos demais horizontes. Isso é compatível com a dinâmica da ciclagem de nutrientes no solo. Os perfis P5 e P6, sobre a bacia sedimentar do Araripe, não apresentaram esse comportamento para os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , que foram extremamente reduzidos mesmo no sub-horizonte A1, isso pode ser atribuído à elevada lixiviação favorecida pelo relevo tabular, já que estes perfis apresentam drenagem mais acentuada que os demais. Estudos têm testado o efeito positivo da matéria orgânica na redução da adsorção de fósforo em solos oxídicos, demonstrando que nos horizontes superficiais do solo, o fato de apresentarem teores mais altos de matéria orgânica, tenderia a fixar menor quantidade de fósforo (Almeida, 2003). Os teores de Na^+ e K^+ trocáveis foram muito baixos em todos os solos estudados.

Tabela 4. Atributos químicos dos perfis de solos nos municípios de Itambé, Paudalho e Caruaru

Hor.	Prof. (cm)	pH		Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)								V (%)	m (%)	P (mg kg ⁻¹)
		Água	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺	T			
P1 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Itambé)														
A1	0-20	4,8	3,4	1,22	0,57	0,08	0,02	1,89	1,62	13,20	16,71	11	46	2,8
A2	20-45	4,9	3,9	0,27	0,13	0,02	0,01	0,44	2,64	14,61	17,69	2	86	0,6
A3	45-75	5,2	4,0	0,07	0,22	0,02	0,19	0,50	2,57	11,21	14,27	3	84	0,7
A4	75-97	5,1	3,9	0,07	0,09	0,01	0,15	0,32	1,92	8,40	10,65	3	85	1,0
A/B	97-120	4,9	3,9	0,12	0,14	0,01	0,16	0,43	1,81	4,50	6,74	6	81	1,1
B/A	120-155	4,9	3,9	0,08	0,24	0,02	0,14	0,48	1,62	2,63	4,73	10	77	1,1
Bw	155-200	5,0	4,0	0,07	0,55	0,01	0,14	0,77	1,10	2,11	3,98	19	59	1,3
P2 – Latossolo Amarelo Distrocioso húmico (Paudalho)														
A1	0-20	5,8	4,7	3,93	1,11	0,18	0,17	5,39	0,15	6,81	12,35	44	3	5,6
A2	20-50	4,8	3,8	0,64	0,16	0,04	0,13	0,98	1,40	6,37	8,74	11	59	1,0
A3	50-88	4,9	3,9	0,43	0,02	0,03	0,13	0,62	1,37	5,22	7,21	8	69	0,8
AB	88-115	4,9	3,9	0,55	0,06	0,01	0,14	0,76	1,15	3,27	5,18	15	60	0,6
BA	115-145	5,2	3,9	0,72	0,09	0,01	0,13	0,95	0,84	2,10	3,89	24	47	0,8
Bw	145-180	5,3	4,1	0,78	0,22	0,03	0,13	1,18	0,59	2,26	4,03	29	34	0,9
P3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (Caruaru)														
A1	0-20	4,5	4,0	0,21	0,10	0,07	0,17	0,56	1,73	9,51	11,80	5	75	0,7
A2	20-40	4,9	4,1	0,08	0,04	0,05	0,17	0,34	1,53	6,55	8,41	4	82	0,6
AB	40-75	5,1	4,1	0,07	0,05	0,06	0,18	0,37	1,34	7,48	9,19	4	78	0,4
BA	75-120	4,9	4,1	0,06	0,05	0,04	0,19	0,33	1,34	4,16	5,83	5	80	0,9
Bw	120-180	4,9	4,2	0,06	0,04	0,01	0,15	0,25	1,19	3,75	5,19	5	82	1,1

(continua)

Tabela 4. Atributos químicos dos perfis de solos nos municípios de Brejão e Crato

Hor.	Prof. (cm)	pH		Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)								V (%)	m (%)	P (mg kg ⁻¹)
		Água	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺	T			
P4 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Brejão)														
A1	0-15	4,7	3,8	1,11	1,32	0,10	0,04	2,56	1,19	9,72	13,47	19	32	4,1
A2	15-35	4,7	4,0	0,32	0,81	0,08	0,03	1,24	1,61	7,05	9,89	12	56	3,1
A3	35-67	4,7	4,1	0,20	0,82	0,02	0,03	1,07	1,45	5,84	8,36	13	57	2,1
AB	67-100	4,9	4,2	0,20	0,77	0,03	0,07	1,07	1,19	5,72	7,98	13	53	2,2
BA	100-135	5,1	4,3	0,14	1,00	0,01	0,05	1,20	0,83	4,28	6,30	19	41	1,9
Bw	135-190	5,0	4,4	0,09	1,33	0,01	0,04	1,47	0,47	3,19	5,13	29	24	1,9
P5 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)														
A1	0-20	5,0	3,9	0,06	0,06	0,10	0,19	0,41	2,18	14,39	16,98	2	84	1,8
A2	20-40	5,3	4,2	0,06	0,04	0,03	0,17	0,29	1,74	12,74	14,77	2	85	0,3
AB	40-70	5,4	4,2	0,03	0,03	0,01	0,08	0,13	1,40	9,48	11,01	1	91	1,0
BA	70-110	5,4	4,3	0,05	0,03	0,00	0,01	0,10	1,13	5,07	6,30	1	92	0,9
Bw	110-160	5,7	4,4	0,08	0,03	0,01	0,01	0,14	0,69	5,86	6,69	2	83	1,2
P6 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)														
A1	0-28	4,9	3,9	0,10	0,09	0,10	0,07	0,37	2,39	15,77	18,52	2	87	2,3
AB	28-55	5,4	4,2	0,06	0,03	0,01	0,03	0,13	1,39	9,04	10,57	1	91	0,7
BA	55-80	5,4	4,3	0,05	0,03	0,00	0,02	0,10	1,03	6,43	7,56	1	91	1,1
Bw1	80-120	5,4	4,3	0,05	0,02	0,01	0,01	0,09	0,67	4,32	5,07	1	88	1,1
Bw2	120-150	5,3	4,4	0,03	0,07	0,01	0,01	0,11	0,44	3,49	4,04	2	80	1,1

(conclusão)

No perfil P2, localizado na Zona da Mata sob clima tropical com inverno chuvoso (As'), e sob vegetação natural secundária (bosque), foi verificado valor de pH mais alto, variando de 5,8 a 4,9 no horizonte A. Além disso, os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ trocáveis e P disponível foram mais elevados em relação aos demais perfis, sendo 3,93, 1,11, 0,18 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, e 6 mg kg^{-1} , respectivamente, no A1. Esses resultados podem ser atribuídos ao uso anterior do solo, já que se trata de área com vegetação secundária.

Por sua natureza essencialmente caulinitica, os solos são dessaturados de bases trocáveis. A soma de bases (Valor S) de todos os perfis decresce em profundidade, variando de 1,89 a 0,32 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no perfil P1, 5,39 a 0,62 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em P2, 0,56 a 0,25 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em P3, 2,56 a 1,07 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em P4, 0,41 a 0,10 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em P5 e 0,37 a 0,09 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em P6.

Foram observados elevados teores de Al^{3+} trocáveis em todos os perfis, com os maiores valores superficialmente e na fração intermediária do horizonte A. O teor máximo de Al^{3+} trocável é de 2,64 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ observado no perfil P1, e o mínimo é de 0,15 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no perfil P2, ambos no horizonte A. A maior parte dos sítios do complexo de troca do solo é ocupada por H^+Al , e a CTC quase que totalmente dependente da matéria orgânica do solo.

A saturação por alumínio (Valor m) apresenta valores superiores a 80% na maior parte do horizonte A nos perfis P1, P3, P5 e P6. A maior ocorrência de complexos estáveis com a matéria orgânica pode explicar a menor saturação por alumínio em P4, enquanto no P2, o baixo valor m é resultado de maiores valores de pH e de bases trocáveis.

6.1.4. Carbono total (CT), carbono orgânico (CO) e carbono lábil (C-lábil)

Considerando que em solos ácidos as formas de carbono inorgânico são insignificantes, vale salientar que o carbono total determinado por combustão seca corresponde ao carbono orgânico. Todas as frações de C foram mais concentradas em superfície e decresceram progressivamente em profundidade (Tabela 5).

Os teores de CT variam entre 42,1 e 5,5 g kg^{-1} em profundidade nos solos. Em todos os perfis, mais da metade do estoque total de C nesses solos encontra-se em subsuperfície, evidenciando a potencialidade destes para

estocar carbono. Em geral, o teor de CT é superior a 10 g kg^{-1} até 1 metro de profundidade.

Os perfis P5 e P6, localizados no Crato, apresentam os maiores teores de CT no horizonte mais superficial, sendo $38,7$ e $42,1 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Enquanto os menores teores foram observados no P2 (Paudalho), superficialmente ($19,3 \text{ g kg}^{-1}$) e também em subsuperfície com teor médio de $11,0 \text{ g kg}^{-1}$ na maior parte do horizonte A húmico, contra pelo menos o dobro deste valor observado nos demais perfis.

O P1 e P2 localizam-se numa sub-região costeira com clima Tropical, quente e úmido (As'), que favorece a decomposição da matéria orgânica do solo. Este fato poderia explicar a ocorrência dos baixos teores de C no P2, como citado por Marques et al. (2011). No entanto, deve-se levar em consideração que o estado de conservação da vegetação na área de coleta do perfil é bastante precário, o que poderia potencializar a ação do clima.

Contrariando as expectativas, o perfil P1 (Itambé), localizado sob condição climática desfavorável a manutenção de altos teores de C, apresentou o maior espessamento (120 cm) do horizonte A em relação aos demais perfis, e acumulou quantidades de C maiores ou semelhantes àqueles encontrados em solos situados em áreas de exceção (brejos de altitude), como os perfis P3 (Caruaru) e P4 (Brejão). Isto demonstra a importância relativa de outros fatores na preservação da matéria orgânica em detrimento do clima atual nestes solos.

O CO oxidado com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ representou, em média, mais de 80% do CT do horizonte A nos perfis P2, P3, P4 e P5, enquanto os perfis P1 e P6 mostraram menor proporção desta fração do C. Uma vez que, compostos de C resistentes à oxidação com dicromato (C-res), pode incluir formas de C altamente recalcitrantes, como *Black carbon*, e, ou compostos orgânicos fortemente associados à fração argila (caulinítas e óxidos de Fe e de Al), a maior proporção de C-res em P1 e P6 pode apontar a atuação de diferentes mecanismos de estabilização da MOS para esses perfis, e poderia, em parte, explicar o maior acúmulo de C no P1 em relação aos outros perfis.

O C-res seguiu tendência inversa ao CO. Diante disso, nota-se que a maior parte do C presente no horizonte A está sob formas de baixa recalcitrância, indicando que a recalcitrância química não é o principal mecanismo de estabilização da matéria orgânica nestes solos, e que outros

Tabela 5. Teores de carbono total (CT), carbono orgânico (CO), carbono lábil (C-lábil) e carbono resistente (C-res) dos solos estudados

Horizonte	Prof. (cm)	CT	CO	C-lábil	CO ⁽¹⁾	C-lábil ⁽¹⁾	C-res ⁽¹⁾
		----- g kg ⁻¹ -----				----- % -----	
P1 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Itambé)							
A1	0-20	30,4	25,4	5,5	84	18	16
A2	20-45	24,6	16,7	3,8	68	16	32
A3	45-75	21,4	12,0	2,5	56	12	44
A4	75-97	13,2	8,8	1,5	67	11	33
A/B	97-120	10,3	5,5	0,9	54	8	46
B/A	120-155	6,3	3,7	2,3	59	36	41
Bw	155-200	5,5	4,2	0,6	75	10	25
P2 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Paudalho)							
A1	0-20	19,3	15,3	5,2	79	27	21
A2	20-50	12,9	12,7	2,1	98	17	2
A3	50-88	10,3	10,2	1,4	100	14	0
AB	88-115	7,7	4,6	0,9	59	12	41
BA	115-145	6,8	4,4	0,7	65	11	35
Bw	145-180	6,3	4,2	0,1	67	2	33
P3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (Caruaru)							
A1	0-20	27,4	24,1	5,0	88	18	12
A2	20-40	19,9	17,2	2,8	86	14	14
AB	40-75	13,0	10,0	1,6	77	13	23
BA	75-120	9,5	4,0	0,7	42	7	58
Bw	120-180	7,8	5,6	0,4	73	5	27
P4 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Brejão)							
A1	0-15	30,3	26,3	6,7	87	22	13
A2	15-35	18,7	17,0	3,4	91	18	9
A3	35-67	12,8	10,4	1,9	81	15	19
AB	67-100	10,9	9,1	1,0	84	9	16
BA	100-135	8,2	7,2	0,9	88	11	12
Bw	135-190	7,3	5,2	1,1	72	15	28
P5 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)							
A1	0-20	38,7	31,0	4,8	80	13	20
A2	20-40	27,4	21,3	5,2	78	19	22
AB	40-70	19,8	17,5	3,2	88	16	12
BA	70-110	12,2	7,6	0,9	62	8	38
Bw	110-160	9,7	4,0	1,2	41	12	59
P6 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)							
A1	0-28	42,1	31,4	8,0	75	19	25
AB	28-55	23,3	10,4	3,1	44	13	56
BA	55-80	14,4	7,3	1,8	51	13	49
Bw1	80-120	10,3	5,1	0,9	50	9	50
Bw2	120-150	8,4	6,0	0,7	71	10	29

(1) Percentagem em relação ao CT.

mecanismos de estabilização estão envolvidos na manutenção de altos teores deste elemento. Outros autores encontraram maior contribuição de estruturas

químicas da MOS que refletem um baixo grau de humificação, principalmente associadas a óxidos de Fe e caulinita, em solos subtropicais de altitudes (Dalmolin, 2002; Dick et al., 2005; Dick et al., 2008).

A fração C-lábil, que contém compostos orgânicos mais facilmente decomponíveis, como o material microbiano, contribuiu com menos de 20% na maioria dos horizontes em todos os perfis. Resultados semelhantes foram relatados por Marques et al. (2011) para Lh do Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil.

6.1.5. Extração seletiva e digestão sulfúrica

Os teores de Fe_d e Al_d variam de 9,1 a 57,2 g kg^{-1} e 4,9 a 23,8 g kg^{-1} , respectivamente, no horizonte A húmico (Tabela 6). Os menores teores de Fe_d observados em amostras dos perfis P1, P2 e P4 são atribuídos, principalmente, à pobreza deste elemento no material de origem. Resultados semelhantes são reportados por Giarola et al. (2009) e Lima Neto et al. (2010) que encontraram baixos teores de Fe recuperados com o ditionito e com o oxalato nos solos derivados da Formação Barreiras. Os maiores teores de Fe_d e Al_d foram obtidos para amostras dos perfis P5 e P6, formados de sedimentos argilo-arenosos da Formação Exu, Chapada do Araripe.

Os valores da razão Fe_o/Fe_d foram baixos (< 17%) devido à predominância de formas cristalinas de ferro em relação à fração pobremente cristalina nestes solos (Tabela 6). Esses valores decresceram com a profundidade indicando maior grau de cristalinidade de óxidos de Fe nos horizontes subsuperficiais, característica de solos em avançado estágio de intemperismo (Kämpf; Scheinost; Schulze, 2000). A redução da atividade de Al^{3+} e Fe^{3+} com a profundidade em todos os solos pode ser atribuída à redução do carbono. A presença de matéria orgânica inibe a cristalização de oxihidróxidos de ferro por promover forte complexação de formas amorfas de Fe, além de complexar, também, o Al (Cornell e Schwertmann, 1996; Naramabuye & Haynes, 2006).

Os teores de Fe_p e Al_p referem-se a formas desses elementos associados a complexos como a MOS (García-Rodeja et al., 2004), portanto, seus teores variam principalmente em função da quantidade deste material nos solos (Parfitt; Childs, 1988). Os valores de Al_p foram maiores que os de Fe_p

Tabela 6. Teores de Fe e Al extraídos com DCB, OAA e pirofosfato de sódio, teores de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ e TiO₂ e relações moleculares dos solos estudados

Horizonte	DCB ¹		OAA ²		Fe _o /Fe _d %	Pirofosfato		Digestão sulfúrica				Ki	Kr
	Fe	Al	Fe	Al		Fe	Al	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂		
	(g kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)			(g kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)					
P1 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Itambé)													
A1	20,2	5,3	1,4	2,0	6,9	3,2	15,5	185,5	160,0	44,7	9,1	1,97	1,67
A2	22,6	6,0	1,7	2,5	7,4	3,3	18,5	...	...	...	...	...	...
A3	24,7	6,3	1,4	2,7	5,8	4,8	16,8	...	...	...	...	...	...
A4	20,5	5,6	1,0	2,0	4,7	4,5	12,9	...	...	...	...	...	...
A/B	25,9	6,4	0,4	2,0	1,6	4,4	8,8	...	...	...	...	...	...
B/A	25,7	5,2	0,2	1,7	0,7	1,3	2,3	...	...	...	...	...	...
Bw	30,6	5,1	0,1	1,7	0,5	0,2	1,0	307,0	257,5	67,9	12,6	2,03	1,74
P2 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Paudalho)													
A1	13,0	5,1	0,5	1,3	3,6	1,7	7,9	127,5	105,0	44,0	12,4	2,06	1,66
A2	20,8	7,4	0,5	1,8	2,6	3,6	13,1	...	...	...	...	...	...
A3	19,2	7,1	0,5	1,8	2,7	3,4	11,2	...	...	...	...	...	...
AB	24,4	4,9	0,3	1,6	1,3	3,8	8,8	...	...	...	...	...	...
BA	31,0	5,4	0,2	1,5	0,8	3,2	6,9	...	...	...	...	...	...
Bw	35,3	8,1	0,2	1,5	0,5	0,9	1,6	244,0	230,0	66,3	30,2	1,80	1,52
P3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (Caruaru)													
A1	15,3	6,0	1,9	2,5	12,2	4,6	12,3	97,5	189,3	44,1	11,9	0,88	0,76
A2	23,0	8,2	1,9	2,3	8,4	3,3	15,0	...	...	...	...	...	...
AB	24,2	9,0	2,1	2,4	8,8	3,0	12,4	...	...	...	...	...	...
BA	25,1	9,0	2,4	2,6	9,5	5,4	16,0	...	...	...	...	...	...
Bw	27,0	9,4	2,3	3,1	8,4	2,8	9,2	122,0	239,8	53,2	28,5	0,86	0,76

...não determinado

(continuação)

¹Ditionito-citrato-bicarbonato de sódio

²Oxalato ácido de amônio

Tabela 6. Teores de Fe e Al extraídos com DCB, OAA e pirofosfato de sódio, teores de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ e TiO₂ e relações moleculares dos solos estudados

Horizonte	DCB ¹		OAA ²		Fe _o /Fe _d %	Pirofosfato		Digestão sulfúrica				Ki	Kr
	Fe	Al (g kg ⁻¹)	Fe	Al		Fe (g kg ⁻¹)	Al	SiO ₂	Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	Fe ₂ O ₃	TiO ₂		
P4 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Brejão)													
A1	9,1*	...	1,6	...	17,1	0,5	...	128,6	140,2	46,8	27,2	1,56	1,28
A2	10,6*	...	1,9	...	17,6	0,9	...	...	...	...	...	...	...
A3	12,7*	...	1,6	...	13,0	1,0	...	...	...	...	...	...	...
AB	13,9*	...	1,7	...	11,9	0,9	...	...	...	...	...	...	...
BA	13,7*	...	1,8	...	12,9	0,9	...	...	...	...	...	...	...
Bw	16,6*	...	0,8	...	4,8	0,4	...	152,5	183,6	65,3	29,5	1,41	1,15
P5 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)													
A1	41,1	17,5	2,7	3,4	6,6	9,8	21,1	120,0	159,0	69,9	28,5	1,28	1,00
A2	57,2	23,8	2,9	4,2	5,1	11,0	24,4	...	...	...	...	...	...
AB	41,5	17,0	1,8	2,6	4,2	11,0	24,9	...	...	...	...	...	...
BA	42,9	18,1	1,4	2,6	3,3	5,5	13,4	...	...	...	...	...	...
Bw	43,8	14,7	1,4	2,3	3,3	5,0	12,4	155,0	189,3	81,9	30,0	1,39	1,09
P6 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)													
A1	35,4	15,7	2,1	2,8	6,1	8,0	19,2	120,0	168,3	74,0	29,1	1,21	0,95
AB	24,2	16,2	2,0	3,0	8,3	5,4	15,7	...	...	...	...	...	...
BA	31,4	15,2	1,4	2,6	4,5	4,8	13,4	...	...	...	...	...	...
Bw1	38,3	17,3	1,5	2,2	3,9	5,3	14,1	...	...	...	...	...	...
Bw2	45,2	16,3	1,2	2,2	2,6	4,0	11,5	143,5	214,2	92,1	32,0	1,14	0,89

*Feito apenas três extrações; ...não determinado

(conclusão)

¹Ditionito-citrato-bicarbonato de sódio

²Oxalato ácido de amônio

(Tabela 6), demonstrando maior afinidade dos óxidos de alumínio com a matéria orgânica, quando comparado aos óxidos de ferro. Essa maior afinidade dos óxidos de Al com a matéria orgânica é atribuída, principalmente, a maior superfície específica deste mineral, uma vez que, os grupos funcionais da matéria orgânica, dos quais se destacam os grupos carboxílicos, podem estabelecer interações via reações de coordenação com os grupos –OH, presentes na superfície destes minerais (Cornejo e Hermosín, 1996).

Os teores de Al_p variam de 7,9 a 24,9 g kg^{-1} no horizonte A húmico, esses valores foram, de longe, maiores que o Al na forma livre e de baixa cristalinidade, indicando a importância desse elemento na estabilização da MOS. O extrator pirofosfato apresenta habilidade em extrair outras formas de Al e Fe que não somente aquela ligada à matéria orgânica (Kaiser & Zech, 1996; Coelho et al., 2010). Ainda assim, os maiores valores de Al_p foram observados no P4, com 21,1 a 24,9 g kg^{-1} em superfície, coincidindo com os maiores teores de matéria orgânica comparado aos demais perfis.

A relação K_i variou de 1,14 a 2,03 e a relação K_r de 0,89 a 1,74 (Tabela 6), nos horizontes B latossólicos. O perfil P3 (Caruaru) apresentou os menores valores, 0,86 e 0,76 para K_i e K_r , respectivamente, consistente com a mineralogia gibbsítica mostrada pelo DRX da fração argila desse solo. No entanto, todos os perfis de solo foram enquadrados como caulíníticos por apresentar $K_i > 0,75$ e $K_r > 0,75$, de acordo com a Embrapa (2013).

6.1.6. Análises mineralógicas

A composição mineralógica da fração argila dos perfis estudados está apresentada nas figuras de 5 a 10. De acordo com os difratogramas de raios-X apresentados, a caulinita é o principal mineral da fração argila em todos os solos estudados, exceção em P3 (perfil de Caruaru) onde a gibbsita encontra-se de forma tão expressiva quanto a caulinita. Em todos os perfis também foi identificada a goethita, sendo mais expressiva em P3. A gibbsita, também foi encontrada nos perfis P2 (apenas em A1) e nos perfis P4, P5 e P6.

A caulinita foi identificada pelo pico de difração referente ao espaçamento interbasal em 0,726 e 0,358nm, os quais colapsam a 550° C. A goethita e a gibbsita foram identificadas pelo picos em 0,416 e 0,490 nm respectivamente, os quais colapsaram a partir de 350° C.

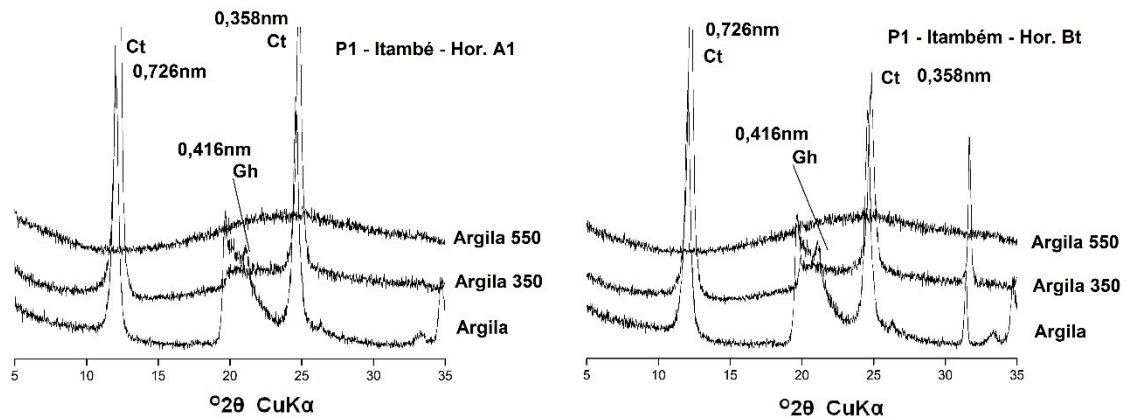


Figura 5. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 1, Itambé. Ct = caulinita; Gh = goethita.

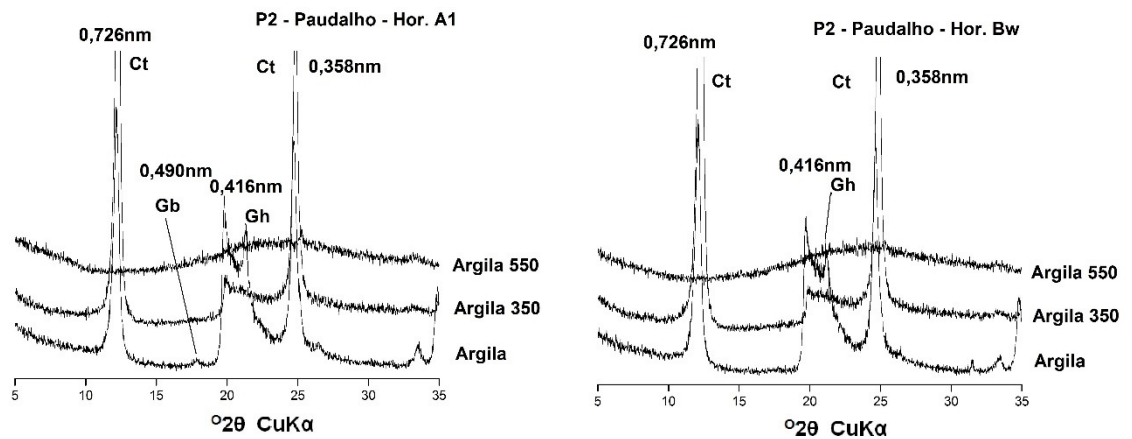


Figura 6. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 2, Paudalho. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.

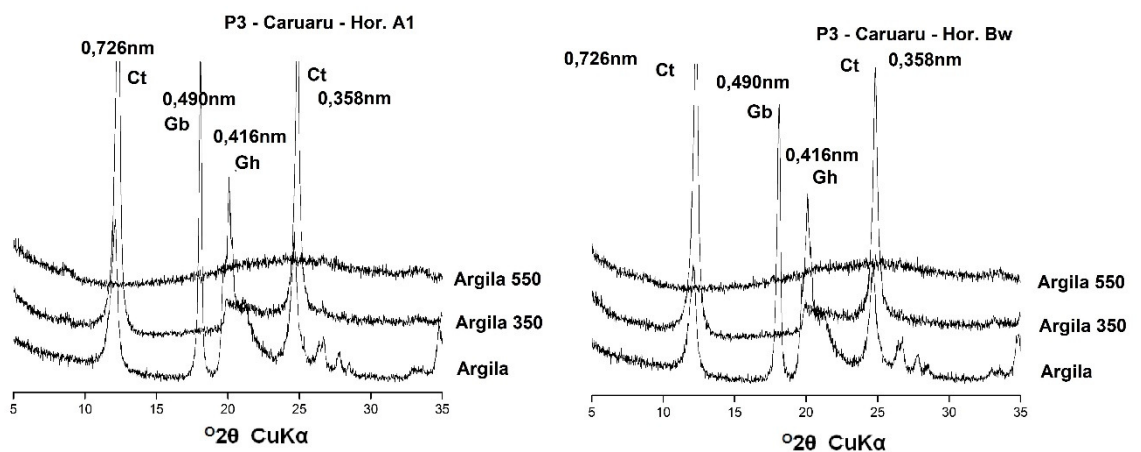


Figura 7. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 3, Caruaru. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.

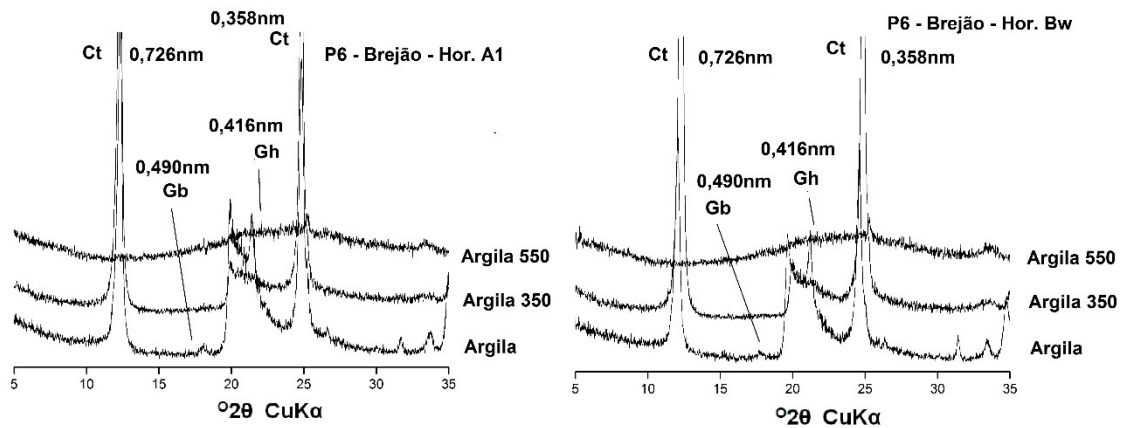


Figura 8. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 4, Brejão. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.

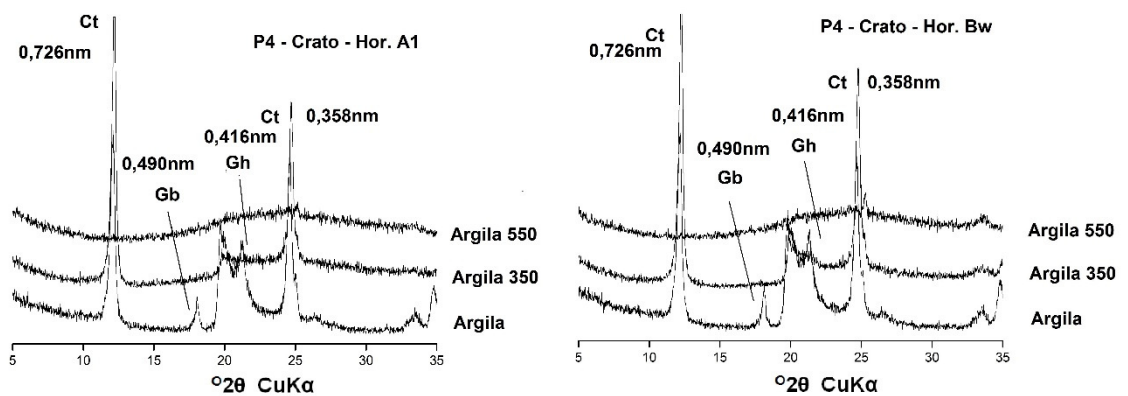


Figura 9. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 5, Crato. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.

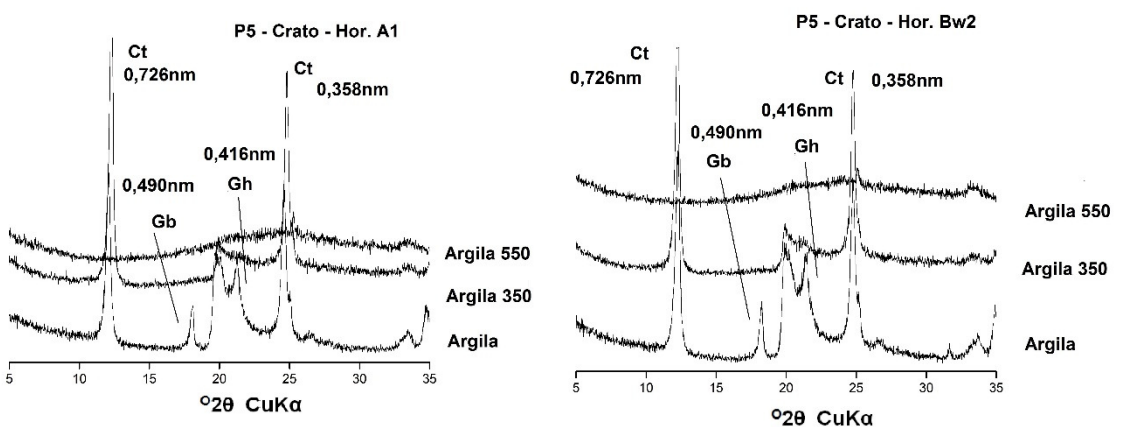


Figura 10. DRX da fração argila dos horizontes A1 e Bw do Perfil 6, Crato. Ct = caulinita; Gh = goethita; Gb = gibbsita.

A composição mineralógica identificada em todos os perfis são típicas de solos altamente intemperizados, estando condizente com a ordem dos solos Latossolos. Os resultados apresentam-se semelhantes a outros solos da região de brejos de altitude, a exemplo do que ocorre em Triunfo no estado de Pernambuco (Souza et al., 2010). O processo de monossilização em ambiente semiárido em solos bem drenados também foi apresentado por (Santos et al., 2012).

No entanto, a presença pronunciada de gibbsita em solos desta região (Serra dos Cavalos), até então não foi descrito. A presença deste mineral pode estar relacionado à condição climática pretérita, muito úmida.

6.1.7. Classificação dos solos

Todos os solos foram classificados no primeiro nível categórico (ordem) como Latossolos por satisfazerem os seguintes critérios: são constituídos por material mineral, apresentando o horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo, uma vez que o horizonte A possui menos que 150 cm de espessura.

No segundo nível categórico (subordem), os perfis P2 e P4 apresentaram matiz 10YR no horizonte B, e os perfis P1, P5 e P6 apresentaram matiz 7,5YR no horizonte B, sendo classificados como Latossolos Amarelos por enquadrarem-se na matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). O perfil P3, por apresentar matiz 5YR em todo o horizonte B foi classificado com Latossolo Vermelho-Amarelo.

O terceiro nível categórico (grande grupo) foi denominado distrocoeso para os perfis P2 e P4, já que se observou uma saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e apresentam caráter coeso dentro de 150 cm da superfície do solo. Enquanto os perfis P1, P3, P5 e P6 são distróficos.

No quarto nível categórico (subgrupo), todos os perfis foram enquadrados como húmico, exceto o P3 (Caruaru), que apresentou horizonte A proeminente.

A Tabela 7 apresenta a classificação completa dos perfis estudados de acordo com o SiBCS (Embrapa, 2013).

Tabela 7. Classificação e simbologia dos perfis de solo conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo - SiBCS (EMBRAPA, 2013)

Perfil	Classificação do solo	Simbologia 3° NC¹
P1	LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.	LAd
P2	LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso húmico, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.	LAdx
P3	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico úmbrico, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso.	LVAd
P4	LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso húmico, textura média/argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo plano.	LAdx
P5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.	LAd
P6	LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.	LAd

¹Nível categórico

6.1.8. Posição dos solos na paisagem

Os solos estudados, apesar de apresentarem diferenças quanto à localização geográfica e sua disposição no relevo, guardam semelhanças morfológicas, químicas e físicas. Os eventos tectônicos, embora sob diferentes formas, épocas e intensidades, e as flutuações climáticas foram episódios comuns que deram forma ao relevo em todas as áreas estudadas, e que, possivelmente, contribuíram para a formação do horizonte A húmico, e com a preservação de altos teores de matéria orgânica nestes solos. Isto pode ser presumido, uma vez que a maioria dos estudos sobre a gênese de Latossolos húmicos conjectura que são solos relictuais (Lepsch e Buol, 1986; Silva e Vidal-Torrado, 1999) preservados em ambientes peculiares proporcionados pela condição do relevo, aliado a fatores pedogenéticos (Queiroz Neto e Castro, 1974; Lepsch e Buol, 1986; Ker, 1997).

De acordo com Calegari (2008) a maioria dos Latossolos com horizonte A húmico do Sul e Sudeste do Brasil ocorre em superfícies de cimeira resultante de antigos ciclos de aplainamentos, que muitas vezes se

correlacionam em altitude e idade. E tais superfícies foram soerguidas posteriormente, no Terciário Médio, segundo Saadi (1995). Semelhantemente, todos os perfis estudados no presente trabalho ocorrem em superfícies antigas, a maior parte em superfícies estáveis, resultantes de longos processos de aplainamento gerados por sucessivas mudanças climáticas (Ab'Sáber, 1998; Araújo Filho et al., 2000). Tais áreas passaram por várias fases de transição do clima úmido para um mais seco, provocando a substituição das florestas por uma cobertura vegetal menos densa, do tipo Cerrado ou Caatinga, onde as chuvas concentradas promoveram fases erosivas agressivas nas vertentes desprotegidas culminando em verdadeiras fases de pediplanação regional, e fazendo as florestas se retraírem para áreas refúgio, como os brejos nordestinos (Bigarella et al. 1994; Ab'Sáber, 1998).

Estima-se que as floras estreitamente relacionadas às atuais vegetações inter e subtropicais, como florestas, Cerrados e Caatingas, foram elaboradas após o Médio Terciário. E as sucessivas mudanças climáticas no Quaternário provocaram oscilações dessas floras no espaço, controladas pela climatologia instável do período (Ab'Sáber, 2000).

De acordo com Ab'Sáber (1998), o Sudeste do Rio Grande do Sul e a Borborema, apesar de distantes e de constituírem condições climáticas bem diversas entre si, apresentam esquemas de superfícies aplainadas muito semelhantes. Entretanto, apenas na área nordestina existem coroamentos detríticos na cimeira dos planaltos cristalinos, e a força aplainadora dos processos morfoclimáticos foram muitas vezes maior no domínio nordestino do que no domínio dos climas subtropicais do Sul do Brasil.

Entre as áreas estudadas, os perfis P1 (Itambé), e particularmente o P2 (Paudalho) que está sob precipitação média anual de até 1.700 mm, despertam a atenção, uma vez que se trata de solos com horizonte A húmico em áreas com baixas altitudes (menor que 180 m) e sob clima quente e úmido (As'), a exemplo de um perfil reportado por Calegari (2008) situado no Cerrado, Salinas em Minas Gerais, que encontra-se sob condições climáticas semelhantes, porém, com verão chuvoso e altitude de 910 m. Estes perfis de solo localizam-se sob clima mais quente e úmido, quando comparado aqueles reportados na literatura (Lepsch e Buol, 1986; Silva e Vidal-Torrado, 1999; Simas et al., 2005; Silva et al., 2007).

Os perfis P1 e P2 situam-se no topo de superfícies na zona da Mata de Pernambuco numa área denominada Depressão Periférica oriental citada por Ab'Sáber (1998), cuja localização refere-se à retaguarda dos principais maciços antigos que respondem pela existência da fachada atlântica. Essas áreas são, ainda, próximas das correlatas àquelas bastante características na zona da Mata pernambucana, conhecidas como "*mares de morros*", que sofreram retrabalhamento, com sucessivos soerguimentos (mamelonização) acompanhados por fases de erosão dos seus materiais de origem, e também por erosão de materiais do planalto adjacente como resultado do aplainamento de superfícies (Ab'Saber, 1998; Ab'Saber, 2000).

A ocorrência de solos com horizonte A húmico no Nordeste em áreas diferentes das denominadas áreas de exceção, como na zona da Mata pernambucana, reforça a hipótese de solos relictuais para explicar a gênese destes solos uma vez que as condições ambientais atuais estão em desconformidade para a formação do horizonte húmico.

Apesar dos perfis P1 e P2 estarem no topo de superfícies regionais, deve-se sublinhar o fato de que tais superfícies fazem parte de uma região geomorfológica localizada no sopé do Planalto da Borborema, e que foram provavelmente formadas por material do planalto adjacente. Diante disso, é possível que processos de coluvionamento tenham influenciado a formação pedogenética, com o aporte de material rico em matéria orgânica oriundo dos setores de montante, semelhantes aos sugeridos por Calegari (2008) em solos localizados na Depressão Periférica paulista. Essa autora também caracterizou o mesmo perfil de solo aqui estudado, o P2 (Paudalho), e observou pequenas variações na relação Ti/Zr, em torno de 12% e uma significativa redução do teor de Ti da base do A para o topo, sugerindo que este coeficiente de variação e o comportamento do Ti indique coluvionamento na porção superior do perfil. A autora justifica que não existem parâmetros limítrofes da relação Ti/Zr para solos tropicais, e mesmo esse coeficiente de variação baixo poderia sinalizar uma descontinuidade litológica. Nos demais perfis, P4 situado em ambiente altimontano no Agreste de Pernambuco, e P5 e P6 situados na Chapada do Araripe, aparentemente, não receberam aporte de materiais coluviais, como sugerido pela posição em que se encontram na paisagem. Contrastando com os demais perfis, o P3 (Caruaru) apresenta-se em terço superior de vertente.

Outros autores também mencionam uma distribuição de Latossolos húmicos intrigante e intimamente relacionada à sua história geomorfológica, como Silva e Vidal-Torrado (1999), e Silva (1997) que reportaram a ocorrência desses solos localizados em uma área cratônica do sul de Minas Gerais em topos aplainados de uma paisagem formada por uma coalescência de colinas, e em topos de interflúvios dissecados dos reversos de blocos basculados, respectivamente.

6.1.9. Análises de correlação

O CT correlacionou-se positiva e significativamente com CO ($r = 0,94$, $P < 0,05$), C não oxidado com dicromato (C-res) ($r = 0,63$, $P < 0,05$) e a fração C-lábil ($r = 0,90$, $P < 0,05$), no horizonte A. Exceto para o C-lábil, tais correlações também foram altas e positivas no horizonte B (Tabela 8).

O acúmulo de CT no solo foi relacionado, principalmente, as formas de Fe de baixa cristalinidade (Fe_o) ($r = 0,61$, $P < 0,05$), e ao Al de baixa cristalinidade ($r = 0,46$, $P < 0,05$) e Al livre ($r = 0,44$, $P < 0,05$). Enquanto o Fe cristalino (Fe_d) foi negativamente associado às frações de C (Tabela 8). Esses resultados sugerem que parte da fração orgânica está associada à fração mineral do solo, sendo este, um importante mecanismo para preservação e acúmulo de matéria orgânica no horizonte A húmico desses solos. Enquanto no horizonte B, a variação de CT ($r = 0,69$, $P < 0,05$) e C-res ($r = 0,70$, $P < 0,05$) dependeu significativamente do Al_d . Marques et al. (2011) verificaram que os compostos orgânicos foram predominantemente associados às formas de alumínio pobremente cristalinas em Lh do Sul e Sudeste do Brasil, e que a associação do C com as formas de Fe não foram significativas. Por outro lado, Fontes et al. (1992) observaram a associação de ácidos húmicos com goethitas em Lh da Bahia.

O teor de Al^{3+} trocável explicou 46 % da variação do CT, e cerca de 30 % da CTC efetiva, sendo esta última, mais dependente do C-lábil (49%), no horizonte A. A densidade do solo (D_s) mostrou-se forte e negativamente relacionada à matéria orgânica em todo o solo.

Tabela 8. Coeficientes de correlação linear (r) entre as formas de C do solo e entre esses e outras variáveis dos horizontes A e B

Parâmetro	Horizonte A ¹				Horizonte B ²			
	CT	CO	C-res	C-lábil	CT	CO	C-res	C-lábil
CT	1				1			
CO	0,94*	1			0,65*	1		
C-res	0,63*	0,32	1		0,84*	0,14	1	
C-lábil	0,90*	0,90	0,45*	1	0,31	0,06	0,36	1
Areia grossa	-0,28	-0,13	-0,47*	-0,06	0,04	0,38	-0,22	-0,13
Areia fina	0,68*	0,56*	0,58	0,54*	0,67*	0,35	0,62*	0,14
Argila	-0,15	-0,27	0,17	-0,36	-0,60*	-0,74*	-0,27	-0,02
Ds	-0,70*	-0,54*	-0,71*	-0,47*	-0,68*	-0,29	-0,68*	0,02
Pt	0,66*	0,49*	0,70*	0,40	0,71*	0,33	0,69*	-0,03
pH	-0,05	-0,20	0,32	0,00	0,54	0,23	0,54	0,03
CTC efetiva	0,27	0,30	0,06	0,49*	-0,58*	-0,26	-0,57*	0,06
Al ⁺³ trocável	0,46*	0,33	0,51*	0,17	0,03	-0,13	0,13	0,42
M	0,17	0,03	0,40	-0,15	0,64*	0,20	0,69*	0,32
P	0,22	0,31	-0,09	0,47*	-0,17	0,24	-0,40	0,14
Fe _d	-0,24	-0,10	-0,43	-0,20	-0,30	0,28	-0,59*	-0,30
Fe _o	0,61*	0,55*	0,44	0,40	0,55	0,41	0,43	-0,12
Al _d	0,46*	0,35	0,48*	0,30	0,69*	0,27	0,70*	0,02
Al _o	0,44*	0,29	0,54*	0,23	0,45	0,00	0,59*	-0,04
Fe _p	0,47*	0,39	0,40	0,28	0,77*	0,23	0,84*	0,09
Al _p	0,44	0,33	0,46*	0,25	0,74*	0,19	0,83	0,03

¹número de observações(n)=20; ²n=13. *, significativo a P < 0,05

6.2. Caracterização da MOS

6.2.1. Composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) da serrapilheira e solo

6.2.1.1. $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ da serrapilheira

A caracterização isotópica e elementar (C e N) de amostras de serrapilheira das áreas estudadas (Tabela 9) foi realizada com intuito de determinar o ciclo fotossintético predominante no local, e avaliar características relativas à transferência desses elementos da vegetação para o solo, uma vez que essa translocação consiste em um importante meio para a manutenção da MOS.

A espessura da serrapilheira em todas as áreas pode estar relacionada com o tipo e estado de degradação da vegetação e o relevo local (Tabela 9).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ da serrapilheira das áreas estudadas variaram entre -28,77 a -30,62‰, indicando predominância de plantas C_3 , que condiz com o ambiente em que se encontram. Estes valores estão dentro da faixa de variação para as plantas C_3 (-21 a -35‰) (Ehleringer, 1991). Resultados semelhantes foram encontrados para outros conjuntos arbóreos por Desjardins et al. (1996) em Roraima (-29,6‰) e por Pessenda et al. (1998a) em Rondônia (-29,0‰). A serrapilheira das áreas dos perfis P5 (-30,62‰) e P6 (-30,38‰) localizados na Chapada do Araripe apresentaram valores de $\delta^{13}\text{C}$ mais empobrecidos do que os encontrados nas demais áreas estudadas. Tais valores estão coerentes com os resultados de Pessenda et al. (2010) que verificaram que o $\delta^{13}\text{C}$ de espécies arbóreas nessa mesma área, FLONA do Araripe, variaram entre -25,7 e -30,6‰.

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ da serrapilheira de todos os ambientes variaram de -2,97 a 4,39‰. Martinelli et al. (1999) concluíram que as florestas tropicais, em geral, são enriquecidas em ^{15}N , valor médio foliar de $3,7 \pm 3,5\%$ (desvio-padrão), mas este valor sobe para $4,7 \pm 2,1\%$, se forem excluídas as árvores de florestas montanas e com areia branca no solo. Esses valores são significativamente maiores que o encontrado em florestas temperadas de $-2,8 \pm 2,0\%$ em folhas, segundo os mesmos autores. Essas observações sugerem que há uma relação intrínseca entre o teor de N no solo e nas folhas, ou seja, nas florestas tropicais em que o N é abundante são enriquecidas em ^{15}N quando comparadas com florestas temperadas ou outras florestas tropicais em que o N parece ser limitante. Exemplos deste último caso referem-se às florestas sobre solos com areia branca e florestas tropicais montanas, onde o suprimento de N é relativamente pequeno (Cuevas e Medina, 1986), e em sistemas tropicais limitantes em N como o Cerrado que apresentam baixos valores de $\delta^{15}\text{N}$, com valor mínimo de -5‰ (Bustamante et al. 2004).

Além disso, esses e outros autores (Ometto et al., 2006; Martinelli et al., 2009) ressaltam que os valores de $\delta^{15}\text{N}$ apresentam-se frequentes nos locais, mas nem sempre estatisticamente distintos de outros ambientes, uma vez que as causas das variações na composição isotópica do N estável são mais complexas que as referentes à composição isotópica do C estável, e não há um padrão a seguir.

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ da serrapilheira, no entanto, parecem úteis para apontar acerca da dinâmica de N no solo, e conseqüentemente sobre a dinâmica da MO do horizonte A húmico. Isso pode ser suposto a partir das observações de Martinelli et al. (1999, 2009) em que sistemas sem limitações de N seriam sujeitos a maiores perdas deste elemento devido a ciclagem aberta, ou seja, processos de mineralização, nitrificação, perdas por lixiviação e/ou volatilização seriam maiores, o que conduziria a um fracionamento isotópico que levaria a um enriquecimento de ^{15}N , uma vez que durante esse fracionamento, as perdas de ^{14}N são favorecidas.

Nesse sentido, as áreas dos perfis P1, P2 e P4 com maior enriquecimento de ^{15}N , 4,39, 3,37 e 3,02‰, respectivamente, poderiam ser enquadradas às áreas tropicais estudadas por Martinelli et al (1999), mas sobretudo, esses resultados indicam alta perda de N nesses sistemas e conseqüentemente, uma distinta dinâmica da matéria orgânica nesses solos. O mesmo parece valer para a área do P3 (Caruaru) que apesar de possuir baixo valor de ^{15}N (0,15‰) nas folhas, ainda assim poderia ser enquadrado em sistemas como as florestas tropicais de acordo com Peterson e Howarth (1987), além disso, não possui limitação de N, como indicado pelo alto teor desse nutriente na serrapilheira, além da baixa relação C/N observada na serrapilheira e no solo, discutidos mais adiante. Enquanto os valores negativos observados na serrapilheira das áreas localizadas no Crato, sendo -2,97‰ no P5 e -0,86‰ no P6 teriam comportamento semelhante ao relatado para áreas montanas, com possível restrição de N, isso é reforçado pelas altas relações C/N observadas para essas áreas.

Tabela 9. Valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, carbono total (CT), nitrogênio total (NT) e relação C/N de amostras de serrapilheira das áreas estudadas

Local	Serrapilheira					
	Espessura (cm)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	CT	NT	C/N
		---- ‰ ----		--- g kg ⁻¹ ---		
<i>P1 – Itambé</i>	7,0	-28,77	4,39	427,8	17,8	24
<i>P2 – Paudalho</i>	-	-29,40	3,37	434,4	12,9	34
<i>P3 – Caruaru</i>	3,0	-29,85	0,15	461,3	18,1	25
<i>P4 – Brejão</i>	4,0	-29,43	3,02	447,6	18,9	24
<i>P5 – Crato</i>	6,0	-30,62	-2,97	472,8	12,8	37
<i>P6 – Crato</i>	4,0	-30,38	-0,86	506,7	10,6	48

No entanto, enquadrar os ambientes estudados neste trabalho com outros muito generalistas como as florestas tropicais e temperadas estudadas por outros autores, por vezes, torna-se muito difícil. Mesmo que essa correspondência, como citada anteriormente, funcione, é necessário ter em mente que a variabilidade $\delta^{15}\text{N}$ é grande. Outros motivos podem contribuir com valores negativos como reportado por vários autores, como a presença de leguminosas fixadoras de N (Bustamante et al. 2004), o estabelecimento de florestas secundárias em substituição a Floresta Ombrófila Densa (Davidson et al., 2007, ou devido ao balanço de processos de imobilização e mineralização de N no solo (Martinelli et al., 2009).

6.2.1.2. C e N da serrapilheira

Foram observadas variações no teor de C total da serrapilheira das áreas estudadas entre 427 e 506 g kg⁻¹ (Tabela 9). Esses valores estão em concordância com Cunha et al. (2009), que verificaram, em média, o teor de C de 443 g kg⁻¹ nas folhas, de 453 g kg⁻¹ no lenho e de 445 g kg⁻¹ na casca em fragmentos florestais montanos da Mata Atlântica na região norte do Rio de Janeiro. Em florestas tropicais e subtropicais montanas estima-se que entre 60 a 90% do carbono orgânico total está imobilizado na vegetação acima do solo (Gama-Rodrigues; Gama-Rodrigues; Barros, 2008; Watzlawick et al., 2012), evidenciando assim a importância da transferência de elementos da vegetação para o solo a fim de manter teores satisfatórios de MOS.

A concentração média de N da serrapilheira foi de 152 g kg⁻¹ em todas as áreas estudadas (Tabela 9), e inferior à média encontrada por Martinelli et al. (1999) para a bacia amazônica que foi de 190 ± 0,8 g kg⁻¹ nas folhas. A quantidade de N da serrapilheira adicionada ao solo tendeu a ser maior em P1, P3 e P4, com 17,8, 18,1 e 18,9 g kg⁻¹ respectivamente.

6.2.1.3. $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ do solo

Todos os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ do solo são apresentados no Apêndice B e na Figura 11.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ do solo mostraram-se um pouco enriquecidos em relação ao $\delta^{13}\text{C}$ da serrapilheira em todos os perfis, tendendo ao

empobrecimento da base para o topo dos perfis, exceto para o perfil P2 que apresentou tendência inversa, ou seja, enriquecimento em superfície.

Durante a decomposição do material vegetal ocorre uma discriminação isotópica do ^{13}C , que altera levemente a composição isotópica da matéria orgânica do solo, essa discriminação está relacionada com a composição química dos resíduos (Benner et al., 1987; Balesdent e Mariotti, 1987; Martin et al., 1990). De acordo com Stout et al. (1981) a matéria orgânica do solo pode ser enriquecida (1 a 3‰) em ^{13}C em comparação ao material de origem, com o aumento da profundidade de um perfil do solo.

Assim, para interpretação do $\delta^{13}\text{C}$ da MOS dos perfis, assumimos que variações menores que 3‰ estão associadas com o fracionamento isotópico que ocorre durante a decomposição da matéria orgânica (Boutton, 1996). Somente variações excedendo 3-4‰ são associadas a mudanças de comunidades de plantas (Boutton, 1996; Desjardins et al., 1996; Pessenda et al., 1998a,b).

Os dados isotópicos da MOS do perfil P1 assinalam a contribuição de cobertura vegetal do tipo C_3 , com valor de $\delta^{13}\text{C}$ de -27,1‰ na camada de 0-10 cm, e com enriquecimento menor que 1,0‰ até 100 cm de profundidade, essa variação provavelmente está associada ao efeito do fracionamento isotópico da matéria orgânica.

O perfil P2 mostrou um leve enriquecimento de ^{13}C na superfície do solo, com valor de -23,9‰ até 20 cm de profundidade, o que pode estar relacionado a um provável aumento na densidade da vegetação herbácea, já que se trata de uma área com bastante influência antrópica, ou mesmo ao fracionamento isotópico. Ao longo do perfil foi observado cerca de -25,5‰ de $\delta^{13}\text{C}$, típico de predomínio de plantas C_3 . Esses resultados estão de acordo com Calegari (2008) que caracterizou isotopicamente essa área e atribuiu sua composição a vegetação de mata atual.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ do P3 não caracterizaram mudança de vegetação até 100 cm de profundidade, observando-se sinal isotópico de -26,4‰ entre 0-10 cm, enquanto o enriquecimento isotópico máximo da superfície até a profundidade de 1 m é de 1,5‰, nesse caso, também é constatado predominância de vegetação C_3 . Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro (2002), que observou valores de -26,5 e 25,7‰ na superfície de solos localizados sob a floresta serrana do Brejo dos Cavalos, Caruaru. Esse

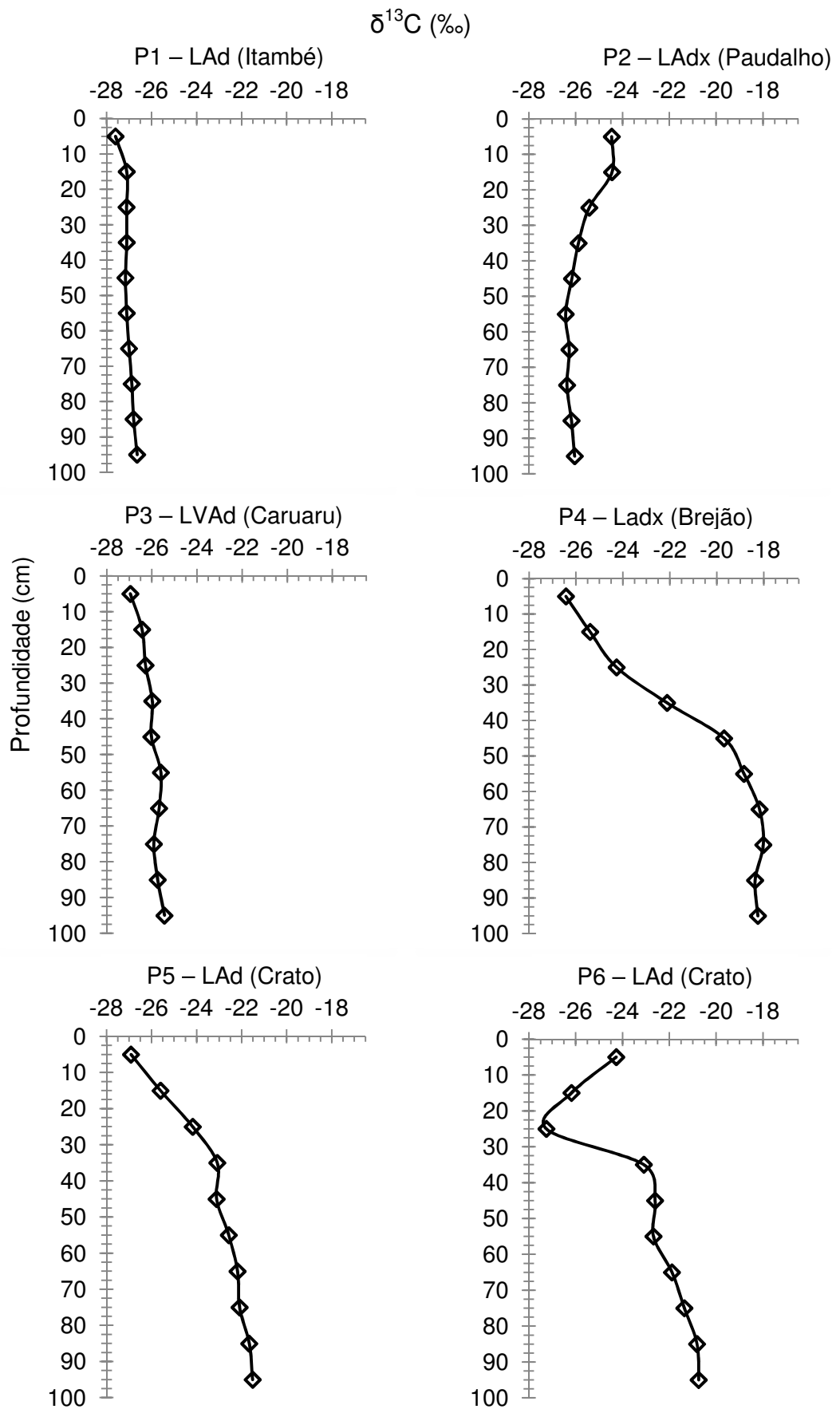


Figura 11. Variação de $\delta^{13}\text{C}$ em relação à profundidade de solo nos perfis de solo estudados.

autor registrou um enriquecimento isotópico de 2,3‰ a 300 cm, e de 2,9‰ até 400 cm de profundidade, e os resultados das datações constataam que nesta região não ocorreram mudanças significativas de vegetação, pelo menos desde o início do Holoceno.

Os dados isotópicos dos perfis P1, P2 e P3 constituíram os mais empobrecidos em relação aos demais perfis, indicando que a matéria orgânica do horizonte A húmico destes perfis foi formada por uma vegetação predominantemente arbórea e provavelmente mais densa que as demais.

O perfil P4 mostrou valor de $\delta^{13}\text{C}$ de -25,9‰ na camada de 0-10 cm, refletindo a cobertura vegetal atual, a partir de 30 cm de profundidade o sinal isotópico mudou para -21,4‰, enriquecendo progressivamente em profundidade, alcançando valor de -17,7‰ a 100 cm de profundidade. Esse enriquecimento de cerca de 7‰ no intervalo de 0-50 cm sugere uma vegetação mais esparsa, com predomínio de plantas C_4 nesta área, antes do estabelecimento da floresta atual.

As variações isotópicas de C na MOS dos perfis localizados na Chapada do Araripe refletiram mudanças na vegetação. O perfil P5 mostrou $\delta^{13}\text{C}$ de -26,8‰ na camada de 0-10 cm e -25,1‰ de 10-20 cm. Em seguida (30-40 cm), o sinal isotópico mostrou-se enriquecido, variando de -22,6 a -21,0‰, sugerindo uma mistura de vegetação C_3 e C_4 . Pessenda et al. (2010) atribuíram aos valores entre -24,5‰ e -26,6‰ encontrados na FLONA, no Ceará, como sendo característicos de vegetação arbórea menos densa (savana florestada ou Cerrado) ainda dominada por plantas C_3 .

O perfil P6, também localizado na FLONA, mostrou valor isotópico de -23,8‰ na superfície (0-10 cm), sugerindo características menos densa da vegetação atual, a qual é fisionomicamente distinta da vegetação encontrada no P5. Entretanto, na camada entre 10-30 cm de profundidade o valor isotópico do C reduziu até -26,7‰, indicando que em algum momento no passado essa área apresentou uma floresta mais densa. A partir de 30 cm de profundidade a composição isotópica voltou a ser enriquecida progressivamente em profundidade até o valor de -20,2‰. A presença de plantas C_4 em áreas presentemente cobertas por florestas sugere que o clima tenha sido mais seco (ou menos úmido) que as atuais condições na FLONA (Pessenda et al., 2010).

A abundância natural do ^{15}N do solo em ambientes naturais pode tanto sugerir indícios quanto a fonte, como o fracionamento do N durante suas

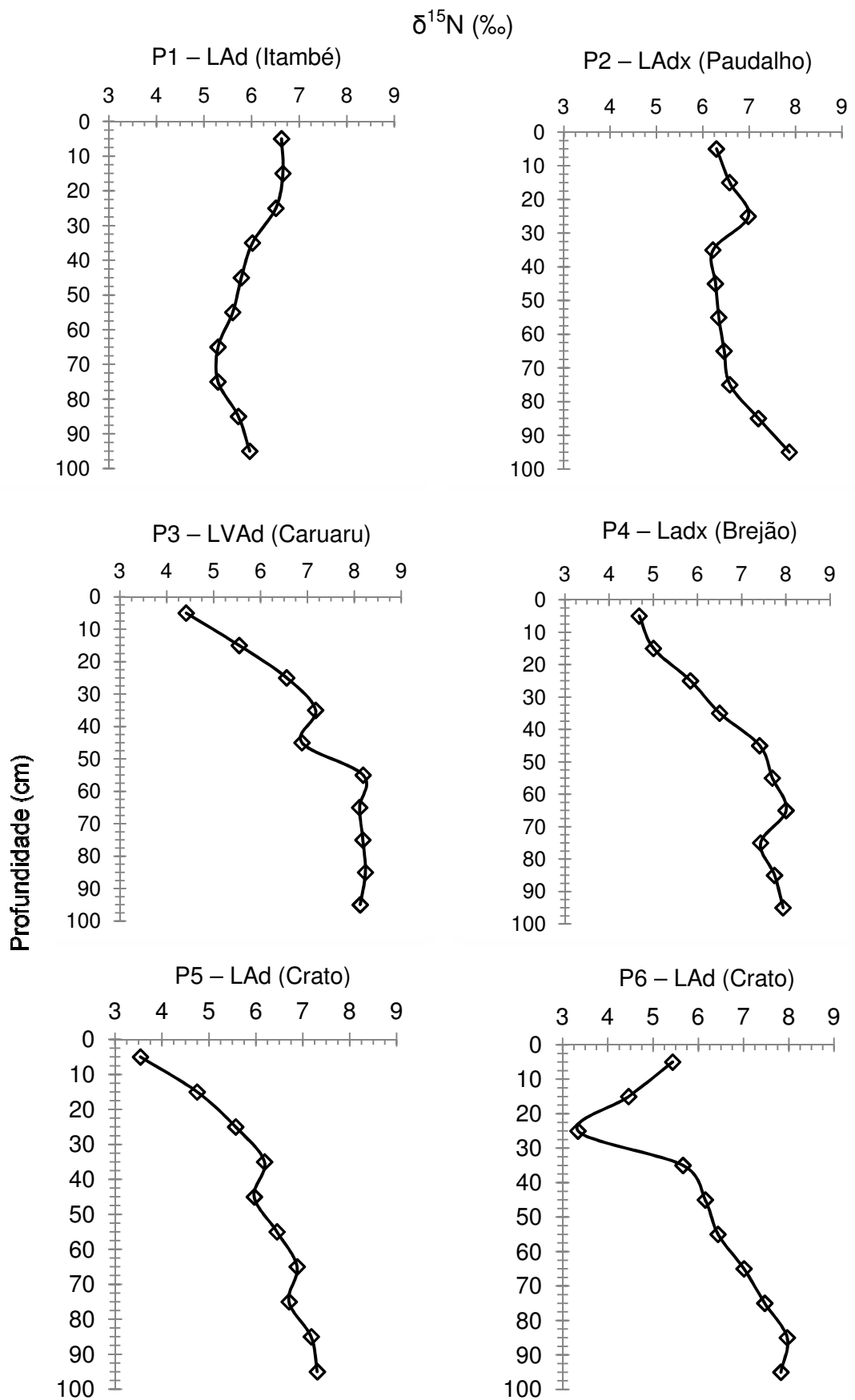


Figura 12. Variação de $\delta^{15}\text{N}$ em relação à profundidade de solo nos perfis de solo estudados.

transformações no solo (Piccolo et al., 1994), podendo fornecer informações sobre o ciclo deste elemento.

O valor de $\delta^{15}\text{N}$ presente na matéria orgânica do solo tende a ser mais enriquecido quando comparado aos tecidos aéreos, indicando uma discriminação microbiana durante o processo de decomposição (Dawson et al., 2002).

Em todos os perfis, a maior parte das camadas avaliadas mostraram valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre 4 e 8‰ (Figura 12). As maiores variações foram verificadas na superfície do solo. As maiores amplitudes de variação dos teores de $\delta^{15}\text{N}$ foram de 3,82‰ (4,41 a 8,23) no perfil P3, 3,33‰ (4,68 a 8,01) no P4, 3,77‰ (3,54-7,31) no P5 e 4,63 (7,97-3,34) no P6.

Em geral, as abundâncias naturais de $\delta^{15}\text{N}$ tenderam a aumentar em profundidade nos perfis avaliados. Esse comportamento resulta da decomposição do resíduo vegetal, que devido à mineralização da MOS e as sucessivas assimilações de N pelas plantas e microrganismos, o fracionamento isotópico leva a maior perda do isótopo mais leve (^{14}N), deixando a MOS restante enriquecida em ^{15}N . Em superfície, esse enriquecimento não é visualizado claramente, embora as reações de mineralização, nitrificação e desnitrificação ocorram talvez numa intensidade maior, porque há uma constante entrada de MOS, sendo assim, nas camadas mais superficiais as transformações do N são menos nítidas isotopicamente.

6.2.1.4. C e N do solo

Os teores de C se mostraram altos em superfície e subsuperfície, decrescendo com a profundidade (Tabela 10), tal como discutido anteriormente em 6.1.4.

A concentração de NT no solo foi maior em superfície e decresceu em profundidade (Tabela 10), indicando estreita relação com o C, já que a maior parte do N do solo encontra-se nos compostos orgânicos (Tedesco et al., 1995). Em geral, os teores de N tenderam a ser semelhantes em todos os perfis. Em superfície, esse teor variou de 2,69 a 1,49 g kg⁻¹, e o perfil P2 tendeu a apresentar menores teores, principalmente em profundidade.

A relação C/N refletiu a predominância de matéria orgânica humificada em todos os perfis, aumentando com a profundidade. De acordo com

Stevenson (1994), valores da relação C/N entre 12 e 16 reflete dominância de matéria orgânica humificada. Na maioria dos solos estudados, a relação C/N do horizonte A húmico foi maior (13 a 20) aumentando em direção ao horizonte diagnóstico, demonstrando maior aporte de material vegetal fresco em superfície, ou seja, a eficiência de conversão do N e C orgânicos dos solos para formas inorgânicas simples de N e para C-CO₂ diminui do topo para a base do perfil. Seguindo a relação C/N, o P2 apresentou-se mais humificado (12 a 16), enquanto os perfis P5 e P6 apresentaram-se menos humificados, com relação C/N entre 16 e 20.

6.2.2. C da biomassa microbiana do solo (CBM)

O CBM mostrou-se alto na maior parte do horizonte A húmico de todos os perfis estudados, e com tendência de decréscimo da superfície para a subsuperfície, exceto para o perfil P2 que apresentou os menores teores de CBM relacionados aos reduzidos teores de C deste perfil. Estes altos teores de CBM indicam que a matéria orgânica deste horizonte pode ser constante e distintamente retrabalhada ao longo do perfil do solo (Tabela 10).

A concentração de CBM foi sempre maior nas camadas superficiais em relação à subsuperfície, observando-se em média 806 mg kg⁻¹ para a camada de 0-20 cm quando excluídos os perfis P2 e P3. Esses últimos apresentaram os menores teores de CBM superficialmente, com 221,8 mg kg⁻¹ no P2 e 365,4 mg kg⁻¹ no P3, ambos para a camada de 0-10 cm de profundidade. Esses baixos teores podem estar relacionados ao baixo teor de C constatado nestas camadas, aliado a isto, a localização do P3 numa encosta com forte inclinação poderia contribuir para esse resultado como reportado por Hu et al. (2010), os quais testaram quatro diferentes tipos de vegetação influenciando significativamente a biomassa microbiana do solo e sua diversidade funcional, uma vez que os tipos vegetacionais têm diferenças que são consistentes com diferentes padrões de utilização do substrato de carbono. Além disso, processos de erosão do solo pode influenciar indiretamente a biomassa microbiana por ter efeito sobre as propriedades físico-químicas do solo, como a distribuição de nutrientes. A influência de processos erosivos para o baixo teor de CBM superficialmente no P3 torna-se mais consistente quando se observa que tais teores voltam a subir nas camadas abaixo, verificando-se 669,9 e

578,5 mg kg⁻¹ para a camada de 10-20 cm e 20-30 cm respectivamente. Subsuperficialmente, os perfis P4, P5 e P6 tenderam a apresentar maiores concentrações de CBM em profundidade.

Estes resultados concordam com Kaschuk, Alberton e Hungria (2010) que compilaram estudos nos quais o carbono da biomassa microbiana do solo e seus parâmetros relacionados foram avaliados em diversos ecossistemas brasileiros. Esses autores encontraram para a floresta amazônica teores de CBM do solo entre 254 e 797 mg kg⁻¹ e CT variando de 10 a 76 g kg⁻¹, para a floresta atlântica os teores variaram de 683 a 1.520 mg kg⁻¹ e 48 a 80 g kg⁻¹ de CBM e CT, respectivamente, já para áreas de Cerrado esses teores foram 101 a 1.201 g kg⁻¹ de CBM e 3 a 45 g kg⁻¹ de CT. Tais resultados aproximam-se dos teores encontrados neste trabalho, no entanto, deve-se considerar que o CBM foi analisado de acordo com Vance et al. (1987), procedimento diferente foi utilizado no presente trabalho.

A biomassa microbiana está envolvida na decomposição e a mineralização dos resíduos vegetais, assim, a avaliação desta fração do carbono orgânico fornece informações importantes para o entendimento da ciclagem de nutrientes (Paul e Clark, 1989). Contudo, mais importante que o valor absoluto da biomassa microbiana é o estudo das relações entre a biomassa e as frações do C e atributos químicos para o melhor entendimento sobre a funcionalidade deste componente no sistema solo-planta.

Os teores de CBM estão relacionados com o teor de CT, essa relação sugere que o crescimento microbiano está positivamente relacionado à taxa de formação da MOS. Bradford et al. (2013) mostraram o potencial de compostos orgânicos de baixo peso molecular utilizados pela microbiota do solo para a formação da MOS estável em um Humic Hapludults na Carolina do Norte, em experimentos com adição de compostos orgânicos em pastagens fertilizadas e não fertilizadas.

A relação entre CBM e CT pode representar um indicador simples e eficiente do empobrecimento do solo em termos de qualidade biológica. Os valores da relação CBM/CT nos perfis variaram consideravelmente num intervalo de 3,9 a 0,2% (Tabela 10). Os maiores valores da relação CBM/CT foram observados na superfície do solo em todos os perfis, exceto o P2, o que sugere uma pobre capacidade de humificação, e que processos de mineralização estão predominando nessas camadas, pois a adição de matéria

Tabela 10. Teores de carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), carbono total (CT), nitrogênio total (NT), relação C/N e relação CBM/CT dos solos estudados

Profundidade (cm)	CBM mg kg ⁻¹	CT ----- g kg ⁻¹ -----	NT -----	C/N	CBM/CT %
P1 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Itambé)					
0-10	885,2	32,8	2,69	12	2,7
10-20	846,0	23,4	1,82	13	3,6
20-30	305,5	22,8	1,67	14	1,3
30-40	250,7	23,3	1,55	15	1,1
40-50	109,7	21,6	1,30	17	0,5
50-60	235,0	19,2	1,07	18	1,2
60-70	125,3	16,3	0,90	18	0,8
70-80	164,5	12,9	0,72	18	1,3
80-90	101,8	10,3	0,60	17	1,0
90-100	109,7	9,9	0,62	16	1,1
P2 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Paudalho)					
0-10	221,8	21,3	1,84	12	1,0
10-20	109,7	13,9	1,04	13	0,8
20-30	115,9	11,0	0,75	15	1,1
30-40	79,7	10,0	0,66	15	0,8
40-50	70,9	10,0	0,63	16	0,7
50-60	75,3	9,4	0,57	17	0,8
60-70	14,6	7,9	0,52	15	0,2
70-80	36,8	8,1	0,51	16	0,5
80-90	15,0	6,9	0,48	14	0,2
90-100	15,1	6,6	0,48	14	0,2
P3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (Caruaru)					
0-10	365,4	23,6	1,85	13	1,5
10-20	669,9	17,2	1,32	13	3,9
20-30	578,5	15,7	1,20	13	3,7
30-40	289,3	14,6	1,12	13	2,0
40-50	479,6	12,8	0,96	13	3,7
50-60	146,3	10,8	0,79	14	1,4
60-70	107,8	11,7	0,85	14	0,9
70-80	61,6	12,6	0,90	14	0,5
80-90	154,0	12,3	0,89	14	1,3
90-100	107,8	11,1	0,76	15	1,0

(continua)

Tabela 10. Teores de carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), carbono total (CT), nitrogênio total (NT), relação C/N e relação CBM/CT dos solos estudados

Profundidade (cm)	CBM mg kg ⁻¹	CT ----- g kg ⁻¹ -----	NT	C/N	CBM/CT %
P4 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Brejão)					
0-10	736,1	24,3	1,79	14	3,0
10-20	550,7	18,4	1,34	14	3,0
20-30	388,3	18,2	1,27	14	2,1
30-40	245,9	13,7	0,88	16	1,8
40-50	315,5	13,9	0,77	18	2,3
50-60	255,0	12,5	0,67	19	2,0
60-70	189,5	12,9	0,67	19	1,5
70-80	229,9	10,6	0,53	20	2,2
80-90	133,4	10,1	0,53	19	1,3
90-100	97,8	8,4	0,44	19	1,2
P5 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)					
0-10	859,13	34,8	2,18	16	2,5
10-20	794,46	31,8	1,90	17	2,5
20-30	561,07	26,9	1,49	18	2,1
30-40	343,90	24,6	1,24	20	1,4
40-50	280,98	21,9	1,09	20	1,3
50-60	370,35	17,5	0,90	20	2,1
60-70	50,90	13,9	0,73	19	0,4
70-80	290,70	12,0	0,64	19	2,4
80-90	240,97	11,8	0,63	19	2,0
90-100	94,79	9,9	0,53	19	1,0
P6 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)					
0-10	942,08	26,0	1,49	17	3,6
10-20	833,70	38,7	2,26	17	2,2
20-30	591,93	36,9	2,27	16	1,6
30-40	375,17	22,4	1,19	19	1,7
40-50	350,15	18,0	0,94	19	1,9
50-60	291,80	17,4	0,85	21	1,7
60-70	141,73	14,6	0,75	19	1,0
70-80	241,77	12,2	0,63	19	2,0
80-90	116,72	10,2	0,52	20	1,1
90-100	83,37	9,5	0,49	19	0,9

(conclusão)

orgânica ao solo, geralmente faz esta relação aumentar (Powlson et al., 1987). Em solos cultivados alterados com matéria orgânica fresca a proporção CBM/CT pode aumentar para 3,7-4% (Domsh, 1980).

A contribuição da biomassa microbiana para o carbono orgânico do solo foi notável em todo horizonte A húmico, particularmente para os perfis P4, P5 e P6, onde o CBM representou cerca de 2% na maior parte do horizonte húmico,

sendo que este valor alcançou até 90 cm de profundidade no P5. Proporções entre 1,4 e 2,0% podem ser encontradas em solos que não receberam entrada de biomassa fresca (Powlson et al., 1987).

No perfil P3 observou-se redução do quociente microbiano CBM/CT a partir de 60 cm de profundidade devido a menor espessura do horizonte A húmico. O perfil P2 apresentou os menores valores da relação CBM/CT em todas as camadas avaliadas em relação aos demais perfis de solo, acompanhando os teores de matéria orgânica.

Antisare et al. (2010) verificaram a variação de 4,0 a 1,5% para a relação CBM/CT em Humic Dystrustepts sob florestas no Norte da Itália, enquanto outros solos variaram de 4,5 a 1,2%. Esta vasta gama de valores da proporção pode ser devido a diferenças nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, vegetação e uso do solo (Anderson e Domsch, 1989).

6.2.3. Mineralização da MOS em estudo de incubação

6.2.3.1. Efluxo de CO₂

As taxas de mineralização do C durante o período de incubação do solo foram representadas pela liberação de CO₂ diariamente durante 5 semanas (Figura 13 e Apêndice C), e representa o C potencialmente mineralizável (C_o), definido como a fração do C orgânico do solo que é prontamente metabolizável (Doran & Parkin, 1996).

O padrão de mineralização do C em função do tempo foi similar para todos os solos, todavia os valores encontrados permitiram avaliar, visualmente, a variabilidade entre os perfis de solo nas curvas de resposta, particularmente para as camadas mais superficiais. As emissões de CO₂ do solo decresceram claramente em função do aumento da profundidade do solo e do tempo de incubação.

Foi observado efluxo máximo de CO₂ no sétimo dia de incubação na parte superior do horizonte A húmico de todos os perfis avaliados. Essa alta mineralização inicial da matéria orgânica sugere um possível aumento na taxa de atividade de microrganismos do solo (Liebig et al., 1995), uma vez que as amostras de solo foram umedecidas e incubadas imediatamente, e considerando a existência de um estoque de carbono orgânico disponível

(Zhang et al., 2007). Esses resultados concordam com Qi et al. (2011) que observaram taxas de CO₂ liberadas rapidamente nos estágios iniciais de incubação, sendo denominado como efeito *priming* o incremento na mineralização de C a curto prazo causado pela adição de substratos orgânicos, tais como resíduos de plantas, glucose, etc (Kuzyakov et al., 2000). Em seguida, a mineralização do C diminuiu gradualmente a ponto de um estado estacionário virtual, uma vez que o estoque de C orgânico prontamente mineralizável atingiu a exaustão após dominar o processo de mineralização, possivelmente, caracterizando uma fase atividade de crescimento lento de microrganismos do solo (Liebig et al. 1995).

As taxas respiratórias da microbiota variaram de 26,6 a 65,9 mg CO₂-C kg⁻¹ aos 7 dias de incubação e de 8,7 a 20,4 mg CO₂-C kg⁻¹ aos 21 dias nos perfis estudados. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Bicalho (2010) em Latossolos sob vegetação clímax do tipo Cerradão, com altitudes que variam entre 845 e 1.045 metros nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba incubados em laboratório durante 31 dias.

Os maiores picos de atividade respiratória foram observados na camada mais superficial dos perfis na seguinte ordem: P5>P6>P1. Esse comportamento pode estar relacionado ao maior conteúdo microbiano, e a maior disponibilidade de C-lábil e CO, os quais apresentaram altas concentrações nestes perfis em relação aos demais. Da mesma forma, as menores taxas de mineralização do C foram verificadas nos perfis P2, P3 e P4, os quais apresentaram os menores teores dos compartimentos orgânicos, especialmente da biomassa microbiana no P2 e P3, na camada superficial. Os maiores teores de argila podem ter contribuído para esses resultados no P3, uma vez que a maior reatividade dessas partículas podem tornar compostos orgânicos menos disponíveis pela formação de complexos organo-minerais (Sanchez, 1976). Alterações na qualidade e quantidade das entradas de C no solo podem afetar o efluxo de CO₂ do solo em ecossistemas florestais (Wang et al., 2013).

No P4, uma vez que a redução da MOS não foi tão evidente como nos perfis P2 e P3, isso indica que provavelmente outras variáveis podem estar controlando as emissões de CO₂ neste solo. Pengthamkeerati et al. (2005) estudaram o efeito da compactação do solo sobre a mineralização do C por meio de incubação durante 42 dias e verificaram que o efluxo de CO₂

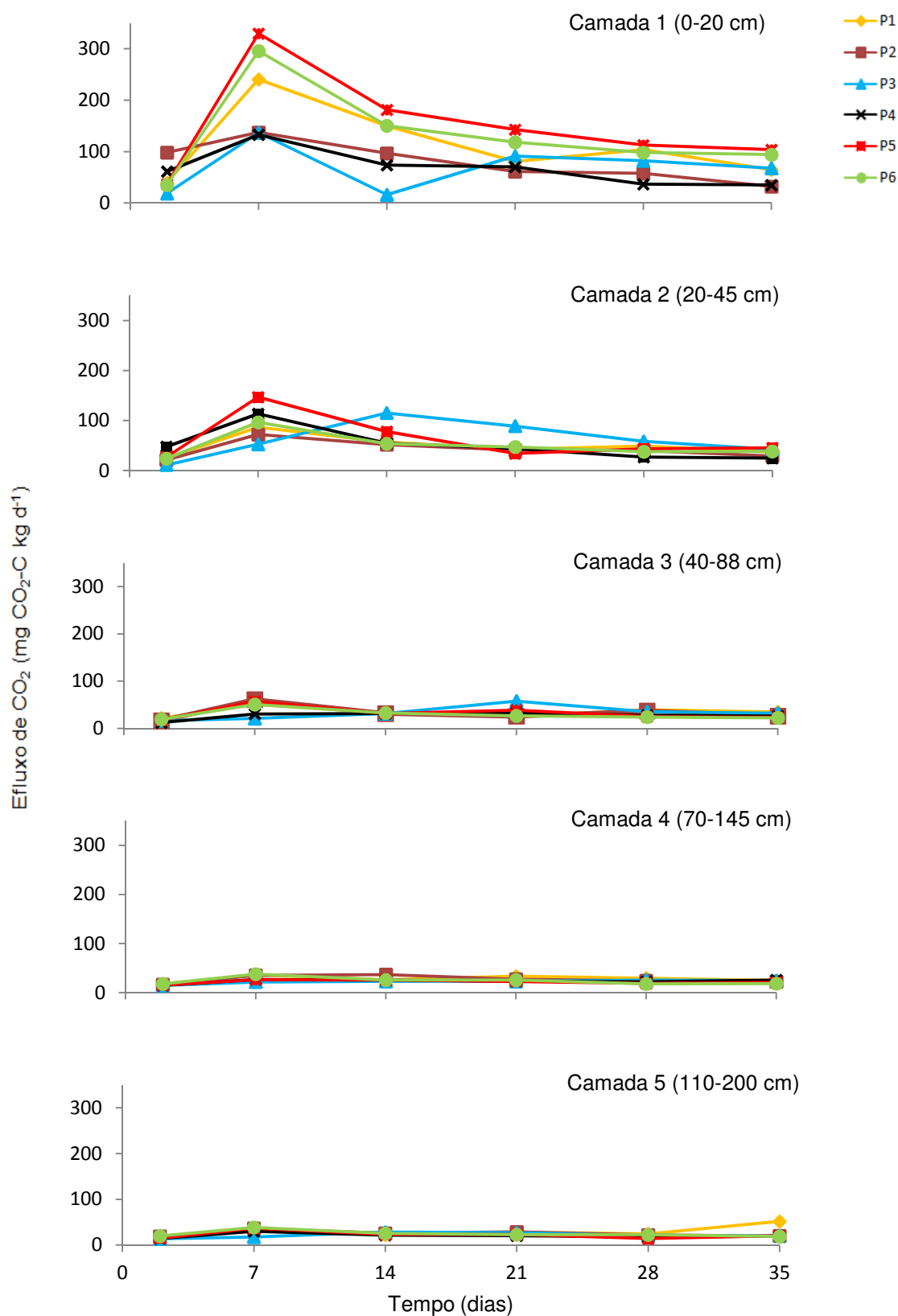


Figura 13. Efluxo de CO₂ em função do tempo de incubação nos seis perfis estudados (P1-Itambé, P2-Paudalho, P3-Caruaru, P4-Brejão, P5 e P6-Crato) nas cinco camadas avaliadas. Camada 1 (0-20 cm), camada 2 (20-45 cm), camada 3 (40-88 cm), camada 4 (70-145 cm) e camada 5 (110-200 cm).

decreceu com o aumento da compactação, mesmo com a aplicação de esterco (cama de frango) a correlação entre a densidade do solo e a proporção de macroporos manteve-se negativa. Considerando que o P2 e P4 apresentam o caráter coeso, que pode causar mudanças no conteúdo de água e aeração do solo, tais condições podem condicionar a atividade microbiana, bem como a composição da microbiota do solo e conseqüentemente levar a uma distinta dinâmica da matéria orgânica nestes solos.

O efluxo de CO₂ acumulado durante o período de incubação nas camadas mais superficiais (Figura 14) representou quase o dobro ou mais do CO₂ liberado em subsuperfície em todos os perfis, isso ocorre devido a maior quantidade de matéria orgânica nas camadas mais superficiais do solo, a qual é fonte de C para os microrganismos heterotróficos, refletindo em maiores valores de CO₂. Ademais, a variabilidade das emissões de CO₂ entre os perfis foi maior superficialmente, enquanto em subsuperfície todos os perfis tendem a ser semelhantes quanto à perda de C.

Na camada mais superficial, o efluxo de CO₂ no perfil P5 foi 1,3; 1,9; 2,2; 2,3 e 1,1 vezes maior que nos perfis P1, P2, P3, P4 e P6, respectivamente, para a mesma profundidade. Os perfis P5 e P6, apesar de possuir maior teor de CT, este parece ser menos refratário, como sugere a maior suscetibilidade destes perfis à perda de C por mineralização. Nesse sentido, o P4 parece dispor de matéria orgânica mais humificada uma vez que este perfil tendeu a perder menos C por mineralização em todas as camadas avaliadas, mesmo dispondo de altos teores de matéria orgânica, inclusive de biomassa microbiana.

Considerando que a mineralização da MOS a partir de 28 dias de incubação, atinge uma possível estabilidade, o C_o foi, em média, 108,2, 96,3 e 84,3 mg kg⁻¹ de C-CO₂ no solo, para o P5, P6 e P1, respectivamente, representando, em média, 2,6 % do C total do solo, tomando por base a razão C_o/CT. Já nos P3, P2 e P4 foram verificados, em média, 75,1, 45,0 e 35,8 mg kg⁻¹ de C-CO₂, correspondendo a 2,7, 2,3 e 1,2 % do C total, respectivamente. Os valores da relação C_o/CT, que expressa o potencial de mineralização de C dos solos, para o horizonte mais superficial mostrou semelhança entre os perfis, exceto para o P4 que apresentou o menor potencial relativo de mineralização de C superficialmente, mas essa relação tendeu a aumentar em subsuperfície. Todavia, todos os perfis indicaram que apenas uma pequena

proporção do reservatório de C orgânico total do solo é decomponível, sugerindo baixas taxas de decomposição nos solos.

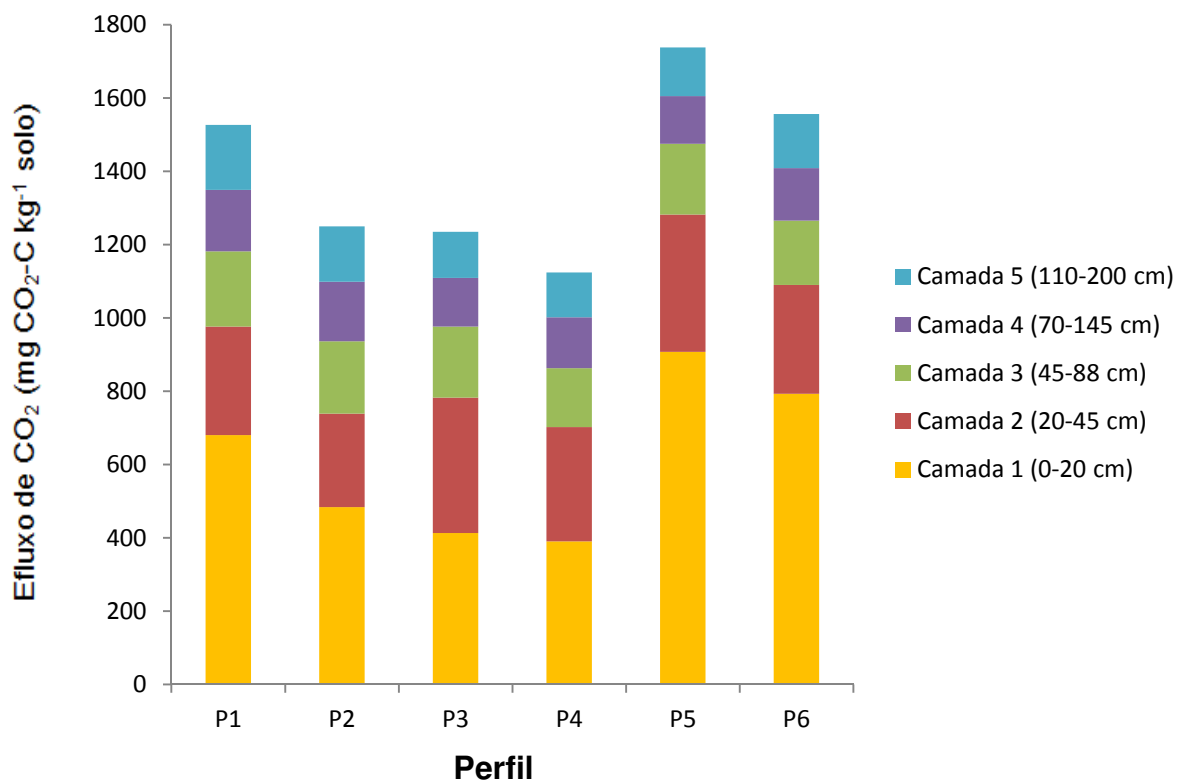


Figura 14. Efluxo acumulado de CO₂ durante o período de incubação dos seis perfis estudados (P1-Itambé, P2-Paudalho, P3-Caruaru, P4-Brejão, P5 e P6-Crato) nas cinco camadas estudadas. a (camada 1 e 2); b (camada 3, 4 e 5).

Os valores da relação C_o/CT (valores não mostrados) em subsuperfície indicam maior estabilidade da MOS em profundidade nos perfis P1, P5 e P6, observado pelos menores valores dessa relação, enquanto nos perfis P2, P3 e P4, a relação C_o/CT tendeu a aumentar, refletindo menor humificação da MOS e, conseqüentemente maior perda de C em profundidade.

Não houve aparente relação entre as mudanças climáticas induzidas pela altitude nas áreas estudadas e a liberação de CO₂ neste trabalho, embora os fatores ambientais sejam potencialmente importantes para controlar as emissões de CO₂, como a temperatura e umidade do solo, tipo de vegetação e fenologia da planta (Raich e Tufekcioglu, 2000; Sotta et al., 2006; Yohannes et al., 2011), além das propriedades do solo como pH (Luo et al., 2011), textura e outros fatores que influenciam o estado de nutrientes no solo.

6.2.3.2. Mineralização de N

Uma vez que a mineralização do N está diretamente associada à oxidação do C orgânico, e que a mineralização da matéria orgânica atinge uma relativa estabilidade após o efeito *priming*, como observado pelas liberações de CO₂ após 28 dias de incubação do solo, estima-se que o N mineralizado aos 42 dias de incubação do solo represente o N potencialmente mineralizável (N_o). O N_o é definido como a fração do N orgânico do solo suscetível à mineralização (Camargo et al., 1997).

A mineralização líquida do N aos 42 dias de incubação seguiu uma tendência a ser diferente na maioria dos perfis estudados (Tabela 11). As quantidades de N_o no final da incubação (42 dias) variaram de 54,8 a 117,7 mg kg⁻¹ na camada mais superficial, o que representou 2,8 a 6,3% do N total do solo, de acordo com a razão N_o/NT. Esse resultado tendeu a ser um pouco maior que o preconizado por Camargo et al. (2008) que sugeriu apenas cerca de 5% do reservatório de N orgânico total do solo é mineralizado por ano. Gonçalves et al. (2001) encontraram proporção de mineralização de N variando de 3 a 9%, em solos sob floresta nativa, atribuindo essa variação, principalmente, ao teor e qualidade da matéria orgânica e textura do solo.

Altos teores de N_o, como observado em P4, P3, P5 e P6, com 117,7, 88,4, 73,9 e 72,4 mg kg⁻¹, respectivamente, para o horizonte superficial deve-se, provavelmente, aos maiores conteúdos de MOS. Entretanto, comparados aos solos com menor teor de N_o, como o P2 (54,8 mg kg⁻¹) e P1 (64,9 mg kg⁻¹), no mesmo horizonte, constatou-se que o aumento do N_o não foi proporcional ao conteúdo de matéria orgânica, indicando que uma parte do N orgânico não é mineralizado nessas condições. Comportamento semelhante foi relatado por Camargo et al. (1997) para um Cambissolo húmico que, apesar de apresentar o maior conteúdo de matéria orgânica, a mineralização foi limitada pelas condições do meio, como pH baixo, elevada saturação de alumínio e baixas temperaturas médias anuais.

O P4, apesar de apresentar menor suscetibilidade a mineralização de C, observado pelos menores valores de CO₂ em relação aos demais perfis apresentou o maior teor de N_o em relação aos outros perfis, indicando que a matéria orgânica neste solo é constituída por maior proporção de compostos de para a ocorrência de nitrato em profundidade, que por vezes foi verificado

Tabela 11. Teores de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ mineralizados, sob condições aeróbias de laboratório, após seis semanas de incubação em todos os perfis estudados

Horizonte	Prof. (cm)	N-NH ₄ ⁺ N-NO ₃ ⁻	
		----- mg kg ⁻¹ -----	
P1 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Itambé)			
A1	0-20	57,5	7,4
A2	20-45	17,0	...
A3	45-75	1,4	7,8
A/B	97-120	...	...
Bt	155-200	...	...
P2 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Paudalho)			
A1	0-20	4,0	50,8
A2	20-50	11,2	...
A3	50-88	...	...
AB	88-115	2,4	...
Bw	145-180	...	...
P3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (Caruaru)			
A1	0-20	81,8	6,6
A2	20-40	42,1	...
AB	40-75	19,7	...
BA	75-120	5,6	...
Bw	120-180	2,3	9,8
P4 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Brejão)			
A1	0-15	94,5	23,2
A2	15-35	42,7	5,2
A3	35-67	10,3	5,4
BA	100-135	2,1	3,4
Bw	135-190	...	14,6
P5 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)			
A1	0-20	73,9	...
A2	20-40	25,2	...
AB	40-70	11,5	...
BA	70-110	2,6	...
Bw	110-160	1,4	...
P6 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)			
A1	0-28	72,4	...
AB	28-55	19,1	...
BA	55-80	4,6	...
Bw1	80-120	1,8	...
Bw2	120-150	1,6	...

...valores abaixo do limite detectável.

N de fácil mineralização. Esse comportamento também foi verificado para o P3.

De forma geral, as maiores concentrações de amônio foram observadas no horizonte mais superficial, e esses teores decresceram de forma drástica e irregular em profundidade nos perfis. A irregularidade também foi observada maior concentração em subsuperfície.

As quantidades de N-NH_4^+ foram predominantes sobre o N-NO_3^- , concordando com outros estudos (Gonçalves et al., 2001; Gama-Rodrigues et al., 2005; Barreto et al., 2010), que verificaram que a principal fonte de N inorgânico foi N-NH_4^+ em ecossistemas florestais em relação aos sistemas agrícolas. Esse fato foi atribuído à baixa fertilidade natural e elevada acidez dos solos, além da elevada demanda por N da microbiota do solo, a qual consome todo N-NH_4^+ antes que seja nitrificado (Attiwill e Leeper, 1987). Em concordância a estes autores, no presente trabalho observou-se que o maior teor de NO_3^- foi observado no P2 (50,8 mg kg^{-1}), com maior valor de pH, 5,8, e soma de bases (SB) de 5,39 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, e no P4 (23,2 mg kg^{-1}) com SB de 2,56, contra 0,56, 0,41 e 0,37 de SB para os perfis P3, P5 e P6, respectivamente, os quais apresentaram valores baixos de NO_3^- , todas essas constatações foram feitas no topo do perfil. Os teores de NO_3^- em profundidade também estão relacionados a maiores valores de pH e/ou SB.

A avaliação do potencial de mineralização do N contribui não só para informações a cerca da dinâmica da MOS, como também sobre a qualidade da mesma e das condições químicas do solo, especialmente em profundidade.

6.2.4. Fracionamento químico da MOS

A composição quantitativa das frações humificadas da matéria orgânica do horizonte A húmico de três perfis encontram-se na Tabela 12.

A humina foi a fração mais significativa como reserva de carbono orgânico em todos os perfis avaliados.

O teor de C na fração humina (C-Hum) variou de 27,3 a 5,6 g kg^{-1} em profundidade nos perfis estudados, correspondendo, em média, a 49% do CT no perfil P1, enquanto nos perfis P4 e P5 essa proporção tendeu a ser um pouco maior, atingindo até 57% do CT. Esses resultados são semelhantes aos reportados por Marques (2009) que apontou entre 12 e 54% do CT referente à fração humina em Lhs do Sul e Sudeste do Brasil, e Cunha et al. (2003) que verificaram valores entre 47-65% para essa proporção em um Lh coeso nos Tabuleiros Costeiros. A predominância da humina sugere maior interação da fração mineral do solo com a matéria orgânica nestes solos. As huminas são substâncias resistentes à degradação microbiana, fortemente combinadas à fração mineral do solo, principalmente em solos oxídicos (Stevenson, 1994),

sendo considerada a fração mais importante em termos de sequestro de carbono.

O teor de C nos extratos de ácido húmico (C-AH) decresceu com a profundidade nos perfis P5 e P4, variando de 12,6 a 3,4 g kg⁻¹, e 9,9 a 3,3 g kg⁻¹, respectivamente. Enquanto no P1 observou-se que a fração AH aumentou na porção intermediária do horizonte A húmico (5-10 e 30-40 cm), o teor de C-AH variou de 2,3 a 9,7 g kg⁻¹.

A proporção do C-AH relativo ao CT mostra que a matéria orgânica do P4 é mais humificada, com proporção de C-AH, em média, de 35,4% em relação ao CT até 10 cm de profundidade, contra 25,6% no P4 e 15,2% no P1 para a mesma profundidade. Esses resultados presumem que a fração AH foi responsável por distinguir os perfis quanto ao grau de humificação, corroborando os resultados verificados anteriormente por meio da incubação do solo, que mostrou maior humificação no P4, provavelmente, devido ao maior grau de humificação da matéria orgânica, enquanto o P1 mostrou maior suscetibilidade à perda de C por mineralização. Esses resultados podem estar relacionados ao clima, considerando que o P4 encontra-se em ambiente com menores temperaturas anuais, em relação ao P5, já o P1 localiza-se em ambiente mais quente e que favorece a decomposição da MOS.

Dentre as frações analisadas, a fração ácidos fúlvicos apresentou quantitativamente os menores teores entre as frações do carbono humificado. O teor de C-AF foi, em média, 3,0 g kg⁻¹ nos perfis P1 e P4, e 5,3 g kg⁻¹ no perfil P5, decrescendo em profundidade.

A razão C-AH/C-AF é utilizada como um indicador da qualidade do húmus, sendo que a faixa dos valores dessa relação para solos temperados varia de 0,7 a 2,5 (Kononova, 1982). Em solos tropicais ocorre uma diminuição da intensidade dos processos de humificação (condensação e síntese) e, em consequência, a relação C-AH/C-AF é menor.

Exceto para a camada mais superficial do P1, os valores para a relação C-AH/C-AF foram maiores que 1,0 em todas as camadas e perfis estudados, indicando predomínio da fração ácidos húmicos sobre a fração ácidos fúlvicos, ou seja, maior condensação dos compostos húmicos (Leite et al., 2003). A caracterização da matéria orgânica de Latossolos da região de Viçosa e do Vale do Jequitinhonha (de clima ameno) revelou a predominância de ácidos húmicos sobre a fração ácidos fúlvicos superficialmente (Longo, 1982). O P4

apresentou maior grau de humificação superficialmente (0-10 cm), corroborando resultados anteriores que apontam maior humificação neste perfil.

Tabela 12. Teores de carbono das frações ácidos fúlvicos (C-AF), ácidos húmicos (C-AH) e humina (C-HUM), e relação C-AH/C-AF nos perfis estudados

Perfil	Profundidade Cm	C-AF	C-AH	C-HUM	C-AH/C-AF
		g kg ⁻¹			
P1-LAd	0-5	3,29	2,26	16,50	0,69
	5-10	3,57	6,78	14,01	1,90
	30-40	3,38	9,72	11,57	2,88
	80-90	1,72	5,10	6,58	2,97
P4-LAdx	0-5	3,59	9,88	16,05	2,75
	5-10	3,49	9,15	13,61	2,62
	30-40	2,77	4,66	7,13	1,68
	80-90	2,11	3,28	5,59	1,56
P5-LAd	0-5	7,77	12,58	27,26	1,62
	5-10	6,61	10,91	22,29	1,65
	30-40	3,79	6,38	13,30	1,68
	80-90	2,63	3,35	6,56	1,28

6.2.5. Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

As determinações FTIR foram realizadas objetivando obter informações sobre a composição dos grupos funcionais da fração humina extraída de amostras superficiais e subsuperficiais do horizonte A húmico de três perfis de solo.

A interpretação dos espectros de FTIR foi realizada de acordo com vários autores (Stevenson, 1994; Silverstein et al., 2005; González-Pérez et al., 2004; Pavia et al. 2010).

Os espectros de FTIR de todos os perfis mostraram-se semelhantes qualitativamente, ou seja, de uma forma geral, observou-se a presença da maior parte dos compostos em todos os perfis e profundidades estudadas. Os espectros de FTIR obtidos de huminas dos solos estudados estão apresentados nas Figuras 15, 16, e 17.

Todos os perfis mostraram bandas de interferência devido aos grupos funcionais inorgânicos na região entre 3.800 a 3.600 cm⁻¹ que corresponde às

vibrações do OH dos octaedros dos silicatos, mostrando que o procedimento de purificação com HF não foi eficiente. Foram constatados picos nessa região em todas as profundidades no perfil P1, e em camadas mais profundas nos perfis P4 e P5. Os picos em torno de 3.620 cm^{-1} podem corresponder a alcoóis e fenóis.

A banda larga centrada em 3.465 e 3.435 cm^{-1} observada em todos os perfis e profundidades corresponde a uma sobreposição das bandas referentes à vibração de OH da água, ao estiramento de amins e amidas primárias e secundárias e, a gibsita.

Observou-se um pico em torno de 2.922 cm^{-1} , característica da absorção dos grupos metileno e metil, indicando a presença de cadeias alifáticas na fração húmica de todos os perfis avaliados, revelando a presença de compostos com baixo grau de humificação na húmica. Nos perfis P1 e P4, notou-se a presença desses compostos em todas as profundidades avaliadas, e a intensidade do pico tendeu a aumentar levemente nas camadas de 5-10 e 30-40 cm. Isto sugere a presença de compostos alifáticos preservados em profundidade, possivelmente protegidos da decomposição por associação com os minerais do solo. No P5, esses compostos alifáticos ocorreram apenas superficialmente, também tendendo a serem mais expressivos de 5-10 cm de profundidade.

Verificou-se também uma absorção adicional em 2.851 cm^{-1} , também atribuída aos C-H alifáticos, mas é característico dos grupos CH_2 , como os alcanos. A ocorrência desses compostos seguiu a mesma tendência que aquela observada para os grupos em 2.922 cm^{-1} .

Bandas de absorção na faixa de 1.632 a 1.620 cm^{-1} foram verificadas em todos os espectros, geralmente atribuídas a vibrações de ligações do tipo C=C aromáticos, de grupos C=O pertencentes a amidas, quinonas e cetonas conjugadas e a estiramento assimétrico de grupamentos $-\text{COO}-$ (Rovira et al., 2002). A intensidade de absorção nessas regiões foram maiores em profundidade nos perfis P4 e P5, sendo que o último apresentou as maiores intensidades nas camadas 30-40 e 80-90 cm em relação aos demais perfis, indicando que o grau de humificação da matéria orgânica nestes solos é maior em subsuperfície. Já no perfil P1, a intensidade de absorção nessa região apresentou um padrão semelhante no perfil, com menor intensidade na camada de 80-90 cm.

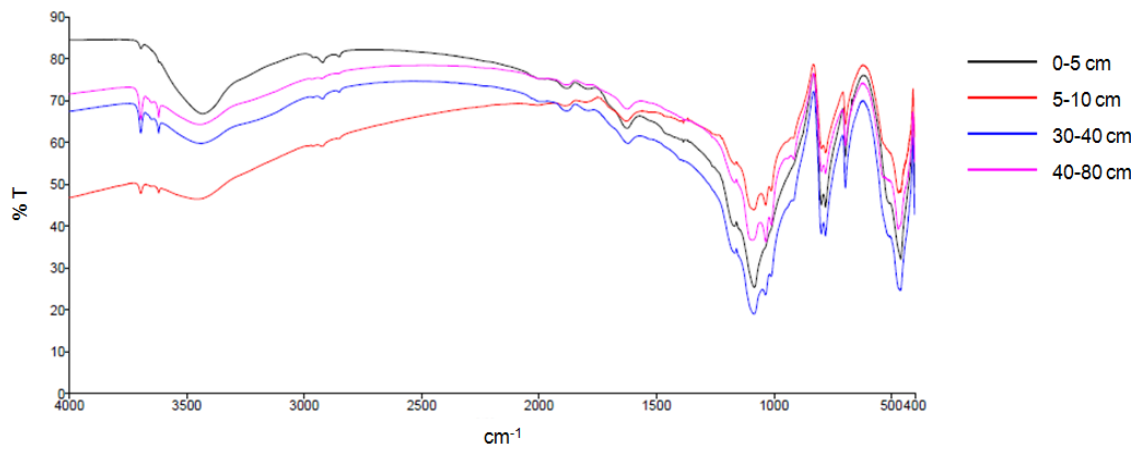


Figura 15. Espectro de FTIR da humina extraída das camadas de 0-5, 5-10, 30-40 e 80-90 cm de profundidade do perfil P1 (Itambé).

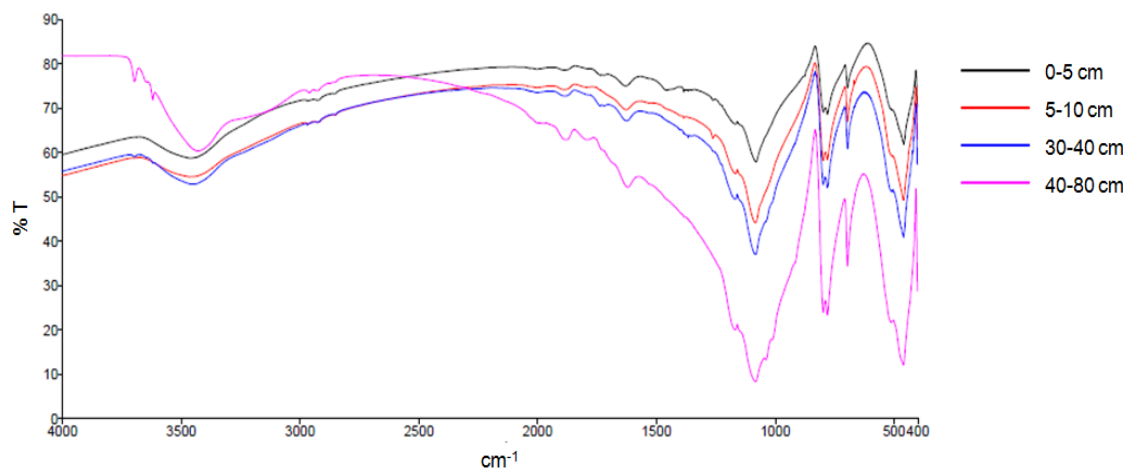


Figura 16. Espectro de FTIR da humina extraída das camadas de 0-5, 5-10, 30-40 e 80-90 cm de profundidade do perfil P4 (Brejão).

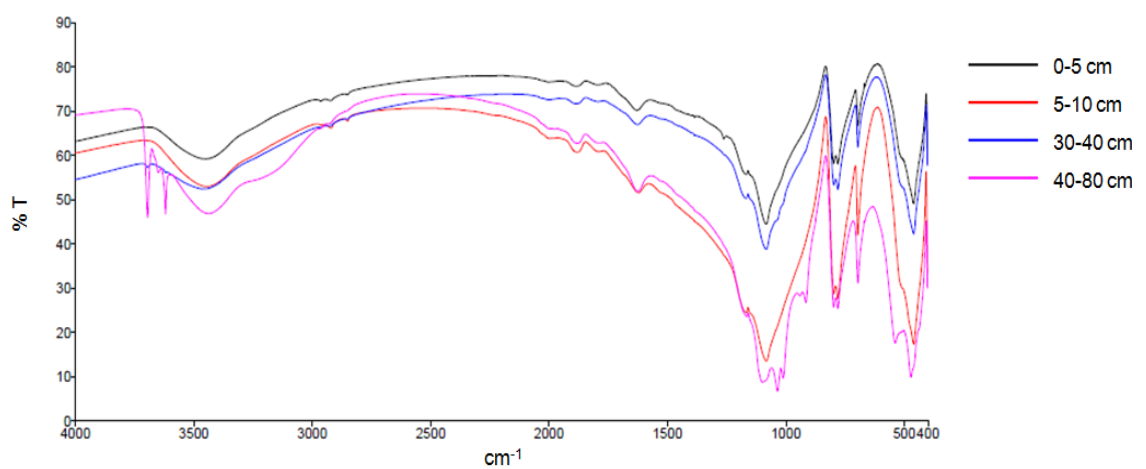


Figura 17. Espectro de FTIR da humina extraída das camadas de 0-5, 5-10, 30-40 e 80-90 cm de profundidade do perfil P5 (Crato).

Apenas nos espectros dos perfis P1 e P4 foram detectados picos em torno de 1384 cm^{-1} , os quais foram mais expressivos em profundidade, destacando-se na camada de 80-90 cm do P4. Lumsdon e Fraser (2005) atribuíram tais absorções a fragmentos de lignina, enquanto Rovira et al. (2002) afirmam que se trata de deformação de grupamentos do tipo -OH e estiramentos de grupos C-O de grupos fenólicos, e provavelmente a deformação de ligações C-H de grupos CH_2 e CH_3 e deformações assimétricas de grupos -COO- .

Observam-se também absorções em 1.220 , 1.261 e 1.082 cm^{-1} , as quais se enquadram no intervalo $1.350\text{-}1.000\text{ cm}^{-1}$ atribuído a vibrações C-N de aminas. Os sinais entre 1.300 a 1.000 cm^{-1} são apontados como sendo de grupos C-O , como alcoóis, éteres, ésteres, ácidos carboxílicos e anidridos.

A presença de bandas localizadas entre 1.172 a 1.164 cm^{-1} podem ser designadas à absorção de estiramento C-O de estruturas de polissacarídeos e a algumas impurezas, como O-Al-OH dos octaedros de silicatos. Esses compostos foram absorvidos de forma distinta nos perfis estudados, sendo mais intensamente absorvidos pela radiação infravermelho nas camadas superficiais do P1. Contrariamente, no P4 estes compostos apresentaram maior expressão em profundidade, enquanto o P5 mostrou altas intensidades de absorção entre 5-10 e 80-90 cm de profundidade.

O sinal em torno de 797 cm^{-1} pode ser atribuído a dobramentos fora do plano de compostos C-H aromáticos, os quais apresentam frequências entre $900\text{-}690\text{ cm}^{-1}$. Os sinais mais intensos foram verificados entre 80-90 cm de profundidade, exceto para o P1, que ocorreu em 30-40 cm.

A forte absorção em 458 cm^{-1} em todos os espectros refere-se a bandas do KBr , utilizado na confecção das pastilhas.

Objetivando comparar a composição orgânica entre os perfis de solo, a intensidade das bandas observadas nos espectros de FTIR da humina extraída dos perfis avaliados foram reunidas na Figura 19. Enquanto a Tabela 13 mostra uma lista das bandas indicadas na Figura 19 (II--VII) e suas atribuições para os grupos funcionais de acordo com a literatura.

As estruturas mais expressivas, ou seja, com maiores intensidades de absorção, em todos os perfis e camadas avaliadas referem-se à frequência em torno de 1082 cm^{-1} , que inclui, entre outros, os grupos carboxílicos, seguido da estrutura V, que inclui, provavelmente polissacarídeos. Tais resultados

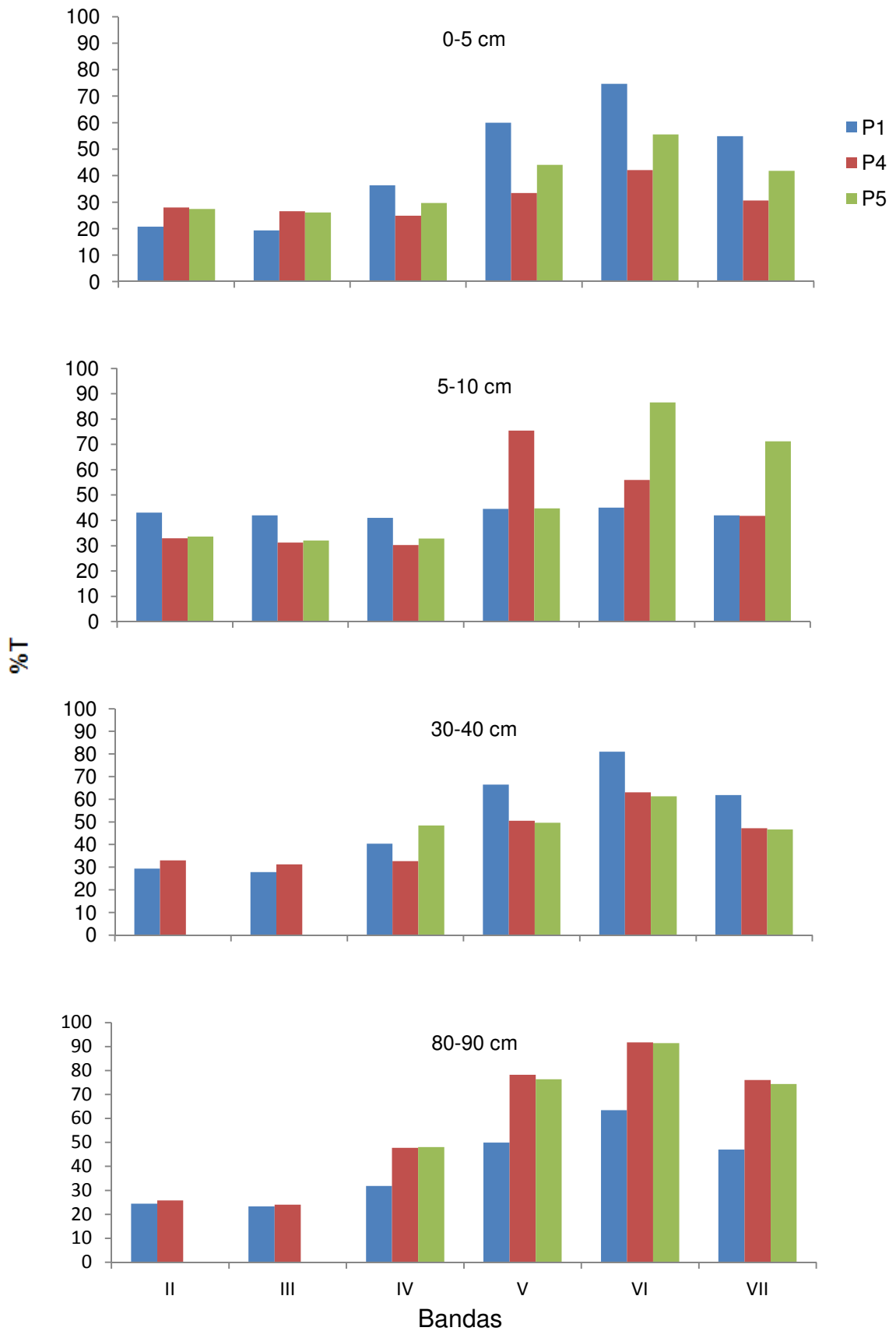


Figura 18. Intensidade de bandas (% tramitância) de espectros de FTIR da humina extraída das camadas de 0-5, 5-10, 30-40 e 80-90 cm de profundidade dos perfis P1, P4 e P5.

Tabela 13. Atribuições das principais bandas de absorção no infravermelho da fração húmica

Banda	Nº de onda (cm⁻¹)	Atribuição
II	2.940-2.840	estiramento C-H alifático
III	3.000-2.850	estiramento C-H alcanos
IV	1.630-1.600	estiramento C=H aromáticos
V	1.170-1.100	estiramento C-O de estruturas tipo polissacarídeos, vibrações O-Al-OH dos octaedros
VI	1.300-1.000	vibrações C-H alcoóis, éteres, ésteres, ácidos carboxílicos, anidridos
VII	900-690	Vibrações C-H aromáticos (dobramento fora do plano)

mostram que a fração húmica do horizonte A húmico dos solos estudados não é dominada por compostos aromáticos. Vários autores verificaram em solos de altitude um grau de humificação da MOS de médio a baixo, contendo estruturas de baixa recalcitrância química, principalmente associadas a óxidos de Fe e caulinita (Dalmolin, 2002; Dick et al., 2005; 2008).

As estruturas II e III, referentes aos grupamentos alifáticos, apresentaram-se com baixas intensidades de detecção em todos os perfis, numa intensidade semelhante na camada de 0-10, tendendo a ser menos expressivos no perfil 1, e reduzidos na camada mais profunda.

Considerando a intensidade de absorção da radiação infravermelho pelas estruturas orgânicas, e que a fração húmica representa mais de 50% do C total nos perfis estudados. O perfil P1 apresentou-se bastante humificado, uma vez que as estruturas aromáticas IV e VII foram mais intensamente detectadas neste perfil na maior parte do horizonte A húmico (0-5, 5-10 e 30-40 cm), além disso, observou-se forte presença dos compostos V, e VI, que indicam estruturas mais alifáticas, tais como polissacarídeos e ácidos carboxílicos, respectivamente, nas mesmas camadas. A detecção das estruturas V e VI reduziu na camada de 80-90 cm de profundidade.

Dentro desta perspectiva, o perfil P4 apresentou-se menos humificado na maior parte das camadas avaliadas (0-10 e 30-40 cm), no entanto, as estruturas aromáticas, representadas pelo IV e VII, tenderam a aumentar em subsuperfície, e foram intensamente detectadas entre 80-90 cm de

profundidade. Também se observaram altas absorções dos compostos V e VI nesta camada.

O perfil P5 apresentou menos estruturas alifáticas, uma vez que não foram detectadas neste perfil as estruturas II e III, já as absorções das estruturas aromáticas (IV e VII) tenderam a ser semelhantes às aquelas observadas para o P4, tais estruturas também se mostraram muito presentes entre 80-90 cm de profundidade.

6.2.6. Calorimetria de Varredura Diferencial e Termogravimetria (CVD-TG)

Os intervalos de temperatura referentes às curvas de CVD revelam o padrão de degradação térmica e oxidação dos compostos orgânicos, enquanto a TG registra simultaneamente as variações de peso para cada intervalo térmico (Tabela 14).

As reações registradas pelas baixas temperaturas (60 °C) correspondem a perdas de água (Tabela 14).

No intervalo de temperatura entre cerca de 200 e 500°C ocorre duas principais reações exotérmicas resultantes da oxidação térmica da matéria orgânica. A primeira ocorre, geralmente, devido à decomposição das cadeias alifáticas e grupos funcionais, revelando um pico exotérmico com um máximo de 344,3°C (1Exo.), enquanto a segunda reação exotérmica de moléculas contendo anéis aromáticos ocorreu a temperaturas mais elevadas, com um pico máximo de 527,1°C (2Exo.) (Czimczik et al., 2002).

Em geral, o padrão de oxidação térmica, observado pelos espectros de CVD (não mostrados), apontou que o segundo pico, referente à reação exotérmica em torno de 450°C, foi mais intenso que o primeiro, indicando a predominância de compostos aromáticos na humina. A intensidade das reações exotérmicas é expressa pela liberação de energia durante tal reação. A tabela 14 mostra a energia liberada na primeira reação exotérmica (1Exo) em $\mu\text{V}/\text{min}$, que apesar de representar valores absolutos maiores, indicam menor liberação de energia que aquela liberada na segunda reação exotérmica (2Exo), com valores negativos. Assim, a maior liberação de energia está associada à maior resistência à termodegradação da MOS.

As variações de energia em profundidade mostram um ligeiro aumento da resistência à termodegradação dos compostos mais lábeis, em todos os perfis, observado pelos valores mais baixos de energia em 1Exo.

Os picos exotérmicos de CVD relacionados à primeira reação exotérmica mostrou pequenas variações, associadas à composição química dos compostos orgânicos lábeis. Os perfis P4 e P5 mostraram que os compostos mais lábeis da humina desses solos apresentam maior resistência à termodegradação, especialmente nas camadas mais superficiais, observada por maior temperatura dos picos.

Tabela 14. Parâmetros térmicos de oxidação térmica da fração humina: picos de temperaturas (°C) referentes à CVD, perdas de peso (%) referentes à TG, como resultado das duas principais reações exotérmicas, primeira reação exotérmica (1Exo) e segunda reação exotérmica (2Exo). Percentagem relativa da primeira perda de peso em relação à perda de peso total (1Exo%).

Perfil	Prof.	CVD					TG			1°Exo%
		Temperatura do pico			Energia		Perda de massa			
		End. ¹	1Exo.	2Exo.	1Exo.	2Exo.	1Exo.	2Exo.	Total	
P1	0-5	71,0	328,6	455,6	-	-	1,21	1,17	2,38	50,84
	5-10	68,7	329,3	465,4	0,0411	-1,24	0,86	1,21	2,07	41,55
	30-40	66,5	326,7	462,6	-0,0316	-0,98	0,51	0,94	1,45	35,17
	80-90	66,9	325,2	429,6	-0,496	-0,631	0,38	0,43	0,81	46,91
P4	0-5	66,7	340,0	469,6	0,0708	-0,948	0,82	1,89	1,23	51,22
	5-10	66,0	337,5	489,2	0,0682	-0,926	0,8	0,91	1,4	50,71
	30-40	67,9	337,4	440,7	-0,573	-0,488	0,53	0,47	0,9	46,67
	80-90	67,6	336,5	441,9	-0,727	-0,373	0,42	0,29	1,45	46,90
P5	0-5	68,5	344,0	527,1	0,231	-1,76	0,63	0,6	2,71	30,26
	5-10	74,9	344,3	458,3	0,191	-1,84	0,71	0,69	1,71	46,78
	30-40	66,4	340,1	455,7	-0,135	-1,14	0,42	0,48	1	53,00
	80-90	68,6	338,0	423,8	-0,72	-0,445	0,68	0,77	1,45	59,15

¹Endotérmico

A maior perda de massa observada no intervalo térmico em torno de 300°C foi observada no perfil P1 (1,27%), na camada de 0-5 cm, mostrando

que esse perfil possui maior proporção de compostos lábeis superficialmente em relação aos demais. Ainda de acordo com a perda de massa, o P4 apresenta maior quantidade de compostos lábeis que o P5. Todavia, o P4 foi considerado mais humificado, seguido do P1 e P5, devido a maior quantidade de compostos aromáticos, revelados pelas maiores perdas de massa no intervalo de temperatura em torno de 450°C.

O parâmetro Exo1% (Tabela 14) mostrou que a porcentagem de perda total durante a primeira reação exotérmica é superior a 50 para o P1 e P4, superficialmente, enquanto no P5 predominou as estruturas mais recalcitrantes, superficialmente.

7. CONCLUSÕES

Os Latossolos com horizonte A húmico apresentam mineralogia essencialmente caulínica, textura franco-argilo-arenosa a muito argilosa, distrofia, acidez elevada, acúmulo de C relativamente alto, independente da altitude, e espessura do horizonte A variável (55 a 120 cm).

O acúmulo de C no horizonte A húmico, bem como a sua espessura não são claramente influenciados pela altitude, maior precipitação e menor temperatura, e condições climáticas de transições secas/úmidas.

O acúmulo de C no horizonte A húmico é favorecido pela menor decomposição da MOS, a qual tende a ser retardada pelas propriedades físicas e químicas do solo, como a textura argilosa, reação fortemente ácida, distrofia, elevada saturação por alumínio e interações entre as formas de C com o Fe e Al de baixa cristalinidade, Fe_o e Al_o , e as formas de Al livre (Al_d).

O Fe_o se mostrou importante na preservação do CT, enquanto o Al_o e Al_d foram associados preferencialmente ao C resistente à oxidação. Essa associação organo-mineral representa um mecanismo de proteção do C no horizonte A húmico.

O espessamento do horizonte A húmico é relacionada à textura do solo.

Os valores isotópicos de $\delta^{13}C$ mostram que a matéria orgânica do horizonte A húmico do P1 (Itambé) e P2 (Carpina) é formada predominantemente por vegetação arbórea, com sinal isotópico de plantas do ciclo fotossintético C_3 em todo o perfil. Os perfis P4 (Brejão), P5 (Crato) e P6 (Crato) mostram predominância de plantas C_3 em superfície. No entanto, o P4 indicou mudança do sinal isotópico em profundidade, sugerindo uma vegetação com predomínio de plantas C_4 no passado, enquanto no P5 e P6 ocorre uma mistura de vegetação C_3 e C_4 em profundidade.

O teor de compostos orgânicos com elevada recalcitrância ou firmemente associados com os minerais da fração argila (C-res) contribuem com 8 a 27 % do CT. Isso indica que a maior parte do C presente no horizonte A está sob formas de baixa recalcitrância, e que a recalcitrância química não é o principal mecanismo de estabilização da matéria orgânica no horizonte A húmico destes solos.

A humina foi a fração mais significativa como reserva de CO no horizonte A húmico dos perfis de solo estudados, seguido da fração ácido húmico e ácido fúlvico.

A técnica de FTIR mostra que Latossolos localizados em maiores altitudes tende a apresentar MOS mais alifática do que aqueles em menores altitudes. No entanto, em subsuperfície, a MOS é mais aromática em P4 e P5 do que em P1. A análise termogravimétrica revelou que cerca de 50 % da MOS do horizonte A húmico é constituída por compostos alifáticos em todos solos estudados (P1, P4 e P5), e que a aromaticidade da MOS aumenta em profundidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. Participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do planalto brasileiro: considerações finais e conclusões. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, v. 19, n. 1-2, p. 51-69, 1998.

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. In: ESTUDOS AVANÇADOS. Dossiê Nordeste seco. São Paulo: IEA/USP, v. 13, n. 36, 1999.

AB'SÁBER, A. N. The natural organization of brazilian inter-and subtropical landscapes. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, v. 21, n. 1-2, p. 57-70, 2000.

ACHÁ-PANOSO, L. Latossolo Vermelho-Amarelo de "Tabuleiro" do Espírito Santo: formação, características e classificação. Tese de Livre Docência – Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1976. 116 p.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. e FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. Atas VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, 1977. p. 363-391.

ALMEIDA, F.F.M. de. O cráton do São Francisco. *Rev. Bras. de Geoc.*, 7: 349-364, 1997.

ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J. e BARRÓN, V. Cor do solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de Basalto do extremo-sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v. 27, p. 985-1002, 2003.

ANDERSON, T. H. e DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soil. *Soil Biology & Biochemistry, Elmsford*, v. 21, p. 471–479, 1989.

ANDRADE, F. V.; SCHAEFER; C. E. G. R.; CORREA, M. L. T. e MENDONÇA, E. S. Carbon stocks in Brazilian Latosols (Oxisols) from different morphoclimatic regions and management systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 35 (15 & 16) p. 2125-2136, 2004.

ANDRADE-LIMA, D. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, 5:305-341. 1960.

ANDRADE-LIMA, D. Esboço fitoecológico de alguns “brejos” de Pernambuco. *Boletim Técnico*. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, 8:3-10. 1966.

ANDRADE-LIMA, D. Present day forest refuges in Northeastern Brazil. In: PRANCE, G.T. (Ed.). *Biological Diversification in the Tropics*. New York: Columbia University Press, 1982. p. 245-254.

ANDRADE, M. C. de A. Intervenção do Estado e a seca no Nordeste do Brasil. *Revista de Economia Política*, Recife, v. 6, p. 125-130, 1986.

ANTISARE, L. V.; DELL’ABATE, M. T.; BUSCAROLI, A.; GHERARDI, M.; NISINI, L. e VIANELLO, G. Role of soil organic matter characteristics in a pedological survey: “Bosco Frattona” natural reserve (Site of Community Importance, Italy) case study. *Geoderma*, Amsterdam, v. 156, p. 302–315, 2010.

ARAÚJO FILHO, J. C.; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B.; MEDEIROS, L. A. R.; MÉLO FILHO, H. F. R.; SILVA, F. B. R.; LEITE, A. P.; SANTOS, J. C. P.; SOUSA NETO, N. C.; SILVA, A. B.; LUZ, L. R. Q. P.; LIMA, P. C.; REIS, R. M. G. e BARROS, A. H. C. 2000. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco. Recife: Embrapa Solos – UEP Recife; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 252p.

ATTIWILL, P. M. e LEEPER, G. W. *Forest soils and nutrient cycles*. Victoria: Melbourne University Press, 1987. 202p.

AUSTREGÉSILO FILHO, P. T.; SILVA, J. A. A.; MEUNIER, I. M. J. e FERREIRA, R. L. C. Fisionomias da cobertura vegetal da Floresta Nacional do Araripe, Estado do Ceará. *Brasil Florestal*, n. 71, 2001.

BALDOCK, J. A.; OADES, J. M.; WATERS, A. G.; PENG, X.; VASSALO, A. M. e WILSON, M. A. Aspects of the chemical structure of soil organic material as revealed by solid-state ^{13}C NMR spectroscopy. *Biogeochemistry, Coverage*, v. 16, p. 1-42, 1992.

BALESDENT, J.; CHENU, C. e BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, v. 53, p. 215-230, 2000.

BALESDENT, J. e MARIOTTI, A. Natural ^{13}C abundance as a trace for studies of soil organic matter dynamics. *Soil Biology and Biochemistry, Oxford*, v. 19, p. 25-30, 1987.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; ALVES, B. J. R. e FONSECA, S. Mineralização de nitrogênio e carbono em solos sob plantações de eucalipto em uma sequência de idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v. 34, p. 735-745, 2010.

BARRIE, A. e PROSSER, S. J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T. W.; YAMSAHI, S. (Ed.). *Mass Spectrometry of Soils*. Marcel Dekker: New York, 1996, p. 1-46.

BARTLETT, R. J. e ROSS, S. D. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. *Soil Science Society of América Journal, Madison*, v. 52, p. 1191-1192, 1988.

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

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; SAAB, S. C.; MILORI, D. M. P. e BAGNATO, V. S. Tillage and cropping system effects on soil humic acid characteristics as determined by ESR and fluorescence spectroscopy. *Geoderma*, Amsterdam, v. 105, p. 81-92, 2002.

BENNER, R.; FOGEL, M. L.; SPRAGUE, E. K. e HODSON, R. E. Depletion of ^{13}C in lignin and its implication for stable carbon isotope studies. *Nature*, London, v. 329, p. 708-710, 1987.

BICALHO, I. M. Fluxo de dióxido de carbono e potencial de mineralização de serrapilheira em solos sob vegetação clímax de Cerrado. Dissertação (Mestrado em Solos) – Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2010. 48 p.

BIGARELLA J. J.; BECKER R. D. e SANTOS G. F. Estruturas e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: UFSC, 1994. 425 p.

BOUTTON, T. W. Stable carbon isotopes of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: BOUTTON, T. W.; YAMASAKI, S. I. (Ed.). *Mass spectrometry of soil*. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 47-82.

ANDRADE-LIMA, D. Present day forest refuges in Northeastern Brazil. In: PRANCE, G.T. (Ed.). *Biological Diversification in the Tropics*. New York: Columbia University Press, 1982. p. 245-254.

BRADFORD, M. A.; KEISER, A. D.; DAVIES, C. A.; MERSMANN, C. A. e STRICKLAND, M. S. Empirical evidence that soil carbon formation from plant inputs is positively related to microbial growth. *Biogeochemistry*, v. 113, p. 271-281, 2013.

BROWN, G. e BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification. In: BRINDLEY, G.W e BROWN, G. (Ed.). London: Mineralogical Society, 1980 chapter 5, p. 305-360.

BUSTAMANTE, M. M. C.; MARTINELLI, L. A.; SILVA, D. A.; CAMARGO, P. B.; KLINK, C. A.; DOMINGUES, T. F. e SANTOS, R. V. $\delta^{15}\text{N}$ natural abundance in

woody plants and soils of central Brazilian savannas (cerrado). *Journal of Applied Ecology*, v. 14, n. 4, p. 200-213, 2004

CALEGARI, M. R. Ocorrência e significado paleoambiental do horizonte A húmico em Latossolos. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2008. 259 p.

CALEGARI, M. R.; MADELLA, M.; VIDAL-TORRADO, P.; PESSEDA, L. C. R.; MARQUES, F.A. Combining phytoliths and $\delta^{13}\text{C}$ matter in Holocene palaeoenvironmental studies of tropical soils: An example of an Oxisol in Brazil. *Quaternary International*, v. 287, p. 47-55, 2013.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C. e VIDOR, C. Potencial de mineralização de nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 21, p. 575-579, 1997.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J. e VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. e CAMARGO, F.A.O. eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.87-100.

CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*, v. 52, p. 345-353, 2001.

COELHO, M. R.; VIDAL-TORRADO, P.; OTERO-PÉREZ, X. L.; MARTINS, V. M. e VÁZQUEZ, F. M. Fracionamento do Al por técnicas de dissoluções seletivas em Espodosolos da planície costeira do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, p. 1081-1092, 2010.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. e SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria

orgânica e atributos relacionados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 29, n.5, p. 777-788, 2005.

CORNEJO, J.; HERMOSÍN, M. C. Interaction of humic substances in soil clays. In: PICCOLO, A. (Ed.). Humic substances in terrestrial ecosystems, Amsterdam: Elsevier, 1996. p. 595-624.

CORNELL, P. M. e SCHWERTMANN, U. The iron oxides. Structure, properties, reactions, occurrence and uses. Weinheim, VCH 1996. 573p.

CPRH - Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos. Diagnóstico para recuperação do Parque Ecológico João Vasconcelos Sobrinho. Recife: Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos, 1994.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Itambé, estado de Pernambuco / Organizado [por] BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005a, 11 p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Paudalho, estado de Pernambuco / Organizado [por] BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005b, 11 p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Caruaru, estado de Pernambuco / Organizado [por] BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005c, 11 p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Brejão, estado de Pernambuco / Organizado [por] BELTRÃO, B. A.; MASCARENHAS,

J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005d, 11 p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Hidrogeologia da Porção Oriental da Bacia Sedimentar do Araripe. Relatório Diagnóstico do Estado da Arte. VERÍSSIMO, L. S.; AGUIAR, R. B. Salvador: CPRM/FINEP/UFC, 2005e. 56 p.

CUEVAS, E. e MEDINA, E. Nutrient dynamics within Amazonian forests. II fine root growth, nutrient availability and leaf litter decomposition. *Oecologia*, v. 76, p. 222-235, 1988.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. e VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, p. 1175-1185, 2009.

CUNHA, T. J. F.; RIBEIRO, L. P.; SILVA, E. F. da. e CONCEIÇÃO, M da. Caracterização e natureza do húmus de latossolos amarelos coesos de tabuleiros na região do recôncavo baiano. *Magistra*, Cruz das Almas, v. 15, n. 2, p. 147-154, 2003.

CZIMCZIK, C. I.; PRESTON, C. M.; SCHMIDT, M. W. I.; WERNER, R. A. e SCHULZE, E. D. Effects of charring on mass, organic carbon, and stable carbon isotope composition of wood. *Organic Geochemistry*, v. 33, p. 1207–1223, 2002.

DALMOLIN, R S. D. Matéria orgânica e características físicas, químicas, mineralógicas e espectrais de Latossolos de diferentes ambientes. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 169 p.

DANTAS, J. R. A. Mapa geológico do estado de Pernambuco - Texto explicativo. DNPM, Série Mapas e Cartas de Síntese, n. 1, Seção Geologia, Recife, 112 p, 1980.

DAVIDSON, E. A.; CARVALHO, C. J. R. D.; FIGUEIRA, A. M.; ISHIDA, F. Y.; OMETTO, J. P. H. B.; NARDOTO, G. B.; SABÁ, R. T.; HAYASHI, S. N.; LEAL, E. C.; VIEIRA, I. C. G. e MARTINELLI, L. A. Recuperation of nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. *Nature*, London, v. 447, p. 995-998, 2007.

DAWSON, T. E.; MAMBELLI, S.; PLAMBOECK, A. H.; TEMPLER, P. H. e TU, K. P. Stable isotopes in plant ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33:507-559. 2002.

DELGADO, I.M. & PEDREIRA, A.J.- 1995 - Geologia e recursos minerais do Brasil: uma síntese. XVI Simp. Geol. Nordeste, 2: 379-383. Recife-PE.

DESJARDINS, T.; FILHO, A. C.; MARIOTTI, A.; CHAUVEL, A. e GIRADIN, C. Changes of the forest/savanna boundary in Brazilian Amazonia during the Holocene as revealed by soil organic carbon isotope ratios. *Oecologia* 108, 749/56, 1996.

DICK, D. P.; GONÇALVES, C. N.; DALMOLIN, R. S. D.; KNICKER, H.; KLAMT, E.; KÖGEL-KNABNER, I.; SIMOES, M. L. e MARTIN-NETO, L. Characteristics of soil organic matter of different Brazilian Ferralsols under native vegetation as a function of soil depth. *Geoderma*, Amsterdam, v. 124, p. 319-333, 2005.

DICK, D. P.; SANTOS, J. H. Z.; FERRANTI, E. M. Chemical characterization and infrared spectroscopy of soil organic matter from two southern Brazilian soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, p. 29-39, 2003.

DICK, D. P.; SILVA, L. B.; INDA, 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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2289-2296, 2008.

DOMSCH, K. H. Interpretation and evolution of data in recommended tests for assessing the side-effects of pesticides on the soil microflora. Weed Res. Organ Tech Rep. n. 59, 3 Oxford, 1980.

DORAN, J. W. e PARKIN, T. B. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. In: DORAN, J. W. e JONES, A.J., (Ed.). Methods for assessing soil quality. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p. 25-37. (SSSA Special Publication, 49)

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; PINHEIRO, E. F. M.; VALLADARES, G. S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. Bragantia, v. 70, n. 1, p.157-165, 2011.

EBERT, H. Bastil und regional metamorphose in Prakambrischen grundgebirge brasiliens. Tschermarks Min. U. Petr. Mitt., 8:49-81, 1962.

EHLERINGER, J.R.; HALL, A.E.; FARQUHAR, G.D.(1993) Stable Isotopes and Plant Carbon – Water Relations. Academic Press, London, 555 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FONTES, M. R.; WEED, S. B.; BOWEN, L. H. Association of microcrystalline goethite and humic acid in some oxisols from Brazil. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 56, p. 982-990, 1992.

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL DO INTERIOR DE PERNAMBUCO. (Recife - PE). Histórico do município de Camargo. In: ----- Perfil municipal do interior de Pernambuco. Recife, 1994. p. 639-642.

GALVÃO, C. V. Contribuição ao estudo da ecodinâmica do semi-árido nordestino: áreas do Agreste ocupadas por pecuária e algarobeira. *Revista de Iniciação Científica da FFC*, v. 7, n. 1, p. 22-33, 2007.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMARODRIGUES, A. C. e SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, p. 393-901, 2005.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. e BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, p. 1165-1179, 2008.

GARCÍA-RODEJA, E.; NÓVOA, J. C.; PONTEVEDRA, X.; MARTÍNEZ-CORTIZAS, A. e BUURMAN, P. Aluminium fractionation of European volcanic soils by selective dissolution techniques. *Catena*, v. 56, p. 155-183, 2004.

GIAROLA, N. F. B.; LIMA, H. V. de.; ROMERO, R. E.; BRINATTI, A. M. e SILVA, A. P. da. Mineralogia e cristalografia da fração argila de horizontes coesos de solos nos Tabuleiros Costeiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 33-40, 2009.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; HARLEY, R. M. 2004. Diagnóstico de vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, T. e LINS, L.V (Ed.). *Biodiversidade da Caatinga: Áreas e ações prioritárias para a conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2004. p. 48-90.

GONÇALVES, C. N.; DALMOLIN, R. S. D.; DICK, D. P.; KLAMT, E.; KNICKER, H. e KÖGEL-KNABNER, I. The effects of 10% HF treatment on the resolution of ¹³C CP/MAS NMR spectra and on the quality of organic matter in Ferralsols, *Geoderma*, Amsterdam. v. 116, p. 373-392, 2003.

GONÇALVES, J. L. M.; MENDES, K. C. F. S. e SASAKI, C. M. Mineralização de nitrogênio e carbono em ecossistemas florestais naturais e implantados no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, p. 601-616, 2001.

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 oxisoils under tillage systems by EPR, ¹³C NMR, FTIR and fluorescence spectroscopy. *Geoderma*, Amsterdam, v. 118, p. 181- 190, 2004.

HART, S. C.; STARK, J. M.; DAVIDSON, E. A.; FIRESTONE, M. K. Nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification. In: Weaver (Ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. American Society of Agronomy, Madison, WI, p. 985–1018,1994.

JACOMINE, P. K. T.; MONTENEGRO, J. O.; RIBEIRO, M. R. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. Recife: EMBRAPA, 1975. 506 p. (Boletim Técnico, 36. Série Recursos de Solos, 6)

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas - características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). *Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: SBCS: UFV, 1996. p. 95-112.

JACSKON, M. L. *Soil chemical analysis: advance Course*. 29. ed. Madison, 1975. 895 p.

JANDL, R.; LINDNER, M.; VESTERDAL, L.; BAUWENS, B.; BARITZ, R.; HAGEDORN, F.; JOHNSON, D. W.; MINKKINEN, K. e BYRNE, K. A. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, Amsterdam, v. 137, p. 253-268, 2007.

JENNY, H. Factors of soil formation: a system of quantitative pedology. New York, MacGraw Hill, 1941. 281p.

KAISER, K. e ZECH, W. Defects in estimation of aluminum in humus complexes of podzolic soils by pyrophosphate extraction. Soil Science, v. 161, p. 452-458, 1996.

KÄMPF, N.; SCHEINOST, A. C.; SCHULZE, D. G. Oxide minerals. In: SUMNER, M. E. (Ed.). Handbook of soil science. University of Georgia, Athens, GA, USA: CRC Press, 2000. p. 125-168.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O. e HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. Soil Biology & Biochemistry, Elmsford, v. 42, p.1-13, 2010.

KER, J.C. Latossolos do Brasil: uma revisão. Geonomos, 5:17-40, 1997.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental, Revista Brasileira de Geografia, v.18, n.2, p.147-265, 1956.

KLEJA, D.B.; SVENSSON, M.; MAJDI, H., JANSSON, P. E.; LANGVALL, O.; BERGKVIST, B.; JOHANSSON, M. B.; WESLIEN, P.; TRUUSB, L.;

KONONOVA, M.M. Matéria orgânica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona, Oikos-Tou. 1982. 365p.

KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J. K. e STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. Soil Biology & Biochemistry, Elmsford, v. 32, p. 1485-1498, 2000.

LAMEPE/ITEP. Informações climáticas do Estado de Pernambuco. Disponível em <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>. Acesso em 25/04/2009.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A. e GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.

LEPSCH, I. e BUOL, S.W. Oxisol-landscape relationships in Brazil. In: *International soil classification workshop; classification characterization and utilization of oxisols*, 8. Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro: EMBRAPA, SMSS, ATD, UPR, 1986. Pt1. p.174-189.

LIEBIG, M. A.; JONES, A. J.; DORAN, J. W. e MIELKE, L. N. 1995. Potential soil respiration and relationship to soil properties in ridge tillage. *Soil Science Society of America Journal*, v. 59, p. 1430–1435.

LIMA NETO, J. de A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; LIMA, J. F. W. F. e FERREIRA, R. F. A. L. Caracterização e gênese do caráter coeso em latossolos amarelos e argissolos dos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1001-1011, 2009.

LINDROTH, A. e AGREN, G. I. Pools and fluxes of carbon in three Norway spruce ecosystems along a climatic gradient in Sweden. *Biogeochemistry*, v. 89, p. 7–25, 2008.

LINS, R. C. Áreas de exceção do Agreste de Pernambuco. Recife: SUDENE, 1989. 327p.

LONGO, J. V. Fracionamento e caracterização de substâncias húmicas em materiais de solos. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1982. 66p.

LOPES, O. F. e SILVA, F. H. B. B. Análise de dados climáticos da Chapada do Araripe, setor oriental, fazenda Ferreira Lopes. Crato: Informativo da Chapada, 1998. 6p.

LUMSDON, D. G.; FRASER, A. R. Infrared spectroscopic evidence supporting heterogeneous site binding models for humic substances. *Environment Science Technology*, v. 39, p. 6624-6631, 2005.

LUTZOW, M. V.; KOEGEL-KNABNER, I.; EKSCHMITT, K.; MATZNER, E. GUGGENBERGER, G.; MARSCHNER, B.; FLESSA, H. Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions: A review. *Eur. J. Soil Sci.*, v. 57, p.426-445, 2006.

MARQUES, F. A.; CALEGARI, M. R.; VIDAL-TORRADO, P. e BUURMAN, P. Relationship between soil oxidizable carbon and physical, chemical and mineralogical properties of umbric Ferralsols. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.35, p. 25-40, 2011.

MARTIN, A.; MARIOTTI, A.; BALESSENT, J.; LAVELLE, P. e VUATTOUX, R. Estimate of organic matter turnover rate in a savanna soil by ¹³C natural abundance measurements. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 22, p. 517-523, 1990.

MARTINELLI, L.A.; PICCOLO, M.C.; TOWNSEND, A.R.; VITOUSEK, P.M.; CUEVAS, E.; MCDOWELL, W.; ROBERTSON, G.P.; SANTOS, O.C.; TRESEDER, K. (1999) Nitrogen stable isotopic of leaves and soil: tropical versus temperate forests. *Biogeochemistry*, Dordrecht, v. 46, n. 1/3, p. 45-65, Jul. 1999.

MARTINELLI, L.A.; OMETTO, J.P.H.B.; FERRAZ, E.S.; VICTORIA, R.L.; CAMARGO, P.B. & MOREIRA, M.Z. Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis. São Paulo, Oficina de Textos, 2009. 130p.

MARTIN NETO L.; ANDRIULO A.; TRAGHETTA, D. G.; Fracionamento físico da matéria orgânica do solo e caracterização por espectroscopia do EPR. n.10, p.17. Embrapa (Comunicado Técnico). 1996.

MAYNARD, D. G.; KALRA, Y. P. e CRUMBAUGH, J. A. Nitrate and exchangeable ammonium nitrogen. In: CARTER, M. R.; GREGORICH, E. G. (Eds.). Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science: CRC Press: Boca Raton, FL, 2008. p. 71–80.

McKEAGUE, J. A.; BRYDON, J. E. e MILES, N. M. Differentiation of Forms of extractable Iron and Aluminum in Soils. Soil Science Society of America Journal. v. 35, p. 33-38, 1971.

McKEAGUE, J. A. e DAY, J. H. Dithionite and oxalate - extractable Fe and Al as Aids in differentiating various classes of soils. Canadian Journal of Soil Science, v. 46, p.13-22, 1966.

McKEAGUE, J. A. An evaluation of 0,1 M pyrophosphate and pyrophosphate-dithionite in comparion with oxalate as extractants of the accumulation products is podzols and some other soils. Canadian Journal of Soil Science, v. 47. p. 95-97. 1967.

MEHRA, J. P. e JACKSON, M. L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with bicarbonate sodium. Clays and Clay Minerals, v. 7, p. 317-327, 1960.

MELO, J. I. M. de. e RODAL, M. J. N. Levantamento florístico de um trecho de floresta serrana no planalto de Garanhuns, Estado de Pernambuco. Acta Scientiarum: Biological Sciences, Maringá, v. 25, p. 173-178, 2003.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – Governo do Brasil. Cartilha Nova Delimitação do Semi-árido, Brasília, 2005. <<http://www.integracao.gov.br>>. [10 de fev. de 2014]

MONIÉ, P.; CABY, R. e ARTHAUD, M. H. The Neoproterozoic Brasileiro Orogeny in Northeast Brazil: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and petrostructural data from Ceará. Precambrian Research, v. 81, p. 241-264, 1997.

MUGGLER, C. C.; BUURMAN, P. e VAN DOESBURG, J. D. J. Weathering trends and parent material characteristics of polygenetic oxisols from Minas Gerais, Brazil: I. Mineralogy. *Geoderma*, Amsterdam, v.138, p. 39-48, 2007.

NARAMABUYE, F. X. e HAYNES, R. J. Short-term effects of three animal manures on soil pH and Al solubility. *Australian Journal of Soil Research*, v. 44, p. 515-521, 2006.

OADES, J. M.; GILLMAN, G. P. e UEHARA, G. Interaction of soil organic matter and variable charge clays. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (Ed.). *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu, University of Hawaii, 1989, p. 69-95.

OADES, J. M. e WATERS, A. G. Aggregate hierarchy in soils. *Australian Journal of Soil Research*, v. 29, n. 6, p.815-828, 1991.

OMETTO, J. P. H. B.; EHLERINGER, J. R.; DOMINGUES, T. F.; BERRY, J. A.; ISHIDA, F. Y.; MAZZI, E.; HIGUCHI, N.; FLANAGAN, L. B.; NARDOTO, G. B. e MARTINELLI, L. A. The stable carbon and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon Basin, Brazil. *Biogeochemistry, Coverage*, v.79, p.251-274, 2006.

PARFITT, R. L. e CHILDS, C. W. Estimation of forms of Fe and Al: a review, and analysis of contrasting soils by dissolution and Moessbauer methods. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v. 26, n. 1, p. 121-144, 1988.

PAUL, E.A. e CLARK, F.E. (Ed.). *Soil microbiology and biochemistry*. New York: Academic Press, 1989. 340p.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S. e VYVYAN, J. R. *Introdução à Espectroscopia*. 4 ed. Cengage Learning, 2010.

PENGTHAMKEERATI, P.; MOTAVALLI, P. P.; KREMER, R. J.; ANDERSON, S. H. Soil carbon dioxide efflux from a claypan soil affected by surface

compaction and applications of poultry litter *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.109, p. 75–86, 2005.

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; ARAVENA, R.; GOMES, B. M.; BOULET, R. E RIBEIRO, A. S. ^{14}C dating and stable carbon isotopes of soil organic matter in forest savanna boundary areas in the southern Brazilian Amazon region. *Radiocarbon*, v. 40, n. 2, p.1013-1022, 1998a.

PESSENDA, L. C. R.; GOMES, B. M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A. S.; BOULET, R. e GOUVEIA, S. E. M. The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetation changes in the Rondonia state, southwestern Brazilian Amazon region. *The Holocene* 8, v. 5, p. 631–635, 1998b.

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E .M.; RIBEIRO, A. S.; OLIVEIRA, P. E. O. e ARAVENA, R. Late Pleistocene and Holocene vegetation changes in northeastern Brazil determined from carbon isotopes and charcoal records in soils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 297, p. 597-608, 2010.

PETERSON, B. J. e HOWARTH, R. W. Sulfur carbon and nitrogen isotopes used to trace organic matter flow in the salt marsh estuaries of Sapelo Island, Georgia. *Limnology and Oceanography*, Grafton, v. 32, p. 1195-1213, 1997

PÍCCOLO, M. C.; NEILL, C.; CERRI, C. C. Natural abundance of ^{15}N in soils along forest-to-pasture chronosequences in the Western Brazilian Amazon Basin. *Oecologia*, Berlin, v. 99, n.1-2, p. 112-117, 1994.

PLANTE, A. F.; MCGILL, W. B. Soil aggregate dynamics and the retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencies. *Soil & Tillage Research*, v. 66, p. 79-92, 2002.

PONTE, F. C.; PONTE-FILHO, F. C. *Estrutura Geológica e Evolução Tectônica da Bacia do Araripe*. Recife. DNPM, 1996. 68 p.

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

QI, G.; WANG, Q.; ZHOU W.; DING, H.; WANG X.; QI, L.; WANG, Y; LI, S. e DAI, L. Moisture effect on carbon and nitrogen mineralization in topsoil of Changbai Mountain, Northeast China. *Journal of Forest Science*, v. 57, p. 340-348, 2011.

QUEIROZ NETO, J. P.; CASTRO, S. S. Formações Superficiais e Latossolos Vermelho-Amarelo Húmicos na área de Bragança Paulista. Estado de São Paulo, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia 18, Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre: SBG, p. 65-83, 1974.

RADAMBRASIL (1981). Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL SB.24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME. 740p.

RAICH, J. W. e TUFEKCIOGLU, A. (2000). Vegetation and soil respiration: Correlation and controls. *Soil Science Society of America Journal*, v. 61, p. 166-474, 2000.

RESENDE, M. e SANTANA, D. P. Uso das relações K_i e K_r na estimativa da mineralogia para classificação dos Latossolos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE COLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., 1988, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: EMBRAPA, SNLCS; SECS, 1988. p. 225-229. (Documentos, 12).

RIBEIRO, A. S. Dinâmica paleoambiental da vegetação e clima durante o Quaternário tardio em domínios da mata Atlântica, brejo do semiárido e cerrado nordestinos, utilizando isótopos do carbono da matéria orgânica do solo e das plantas. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2002. 192 p.

RIZZINI, C.T.. Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997. 747p.

ROSCOE, R. e MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 86p.

ROSS, J. .L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo; FFLCH/USP, v. 6, p. 17-29, 1992.

ROVIRA, P. A. S.; BRUNETTI, G.; PÓLO, A.; SENESI, N. Comparative chemical and spectroscopic characterization of humic acids from sewage sludges and sludge-amended soils. Soil Science, v. 167, n. 4, p. 235-245, 2002.

RUMPEL, C.; KÖGEL-KNABNER, I.; BRUHN, F. Vertical distribution, age, and chemical composition of organic carbon in two forest soils of different pedogenesis. Organic Geochemistry, v. 33, p.1131-1142, 2002.

RUMPEL, C.; KÖGEL-KNABNER, I. Deep soil organic matter – a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. Plant and Soil, v. 338, p.143-158, 2011.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: Esboço de Intepretação preliminar. Geonomos: MG. v. 1, n.1, p. 1-15, 1993.

SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. Revista Geonomos, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.

SAS INSTITUTE., 2006. Sas user's guide: statistics. Version 9.1. Cary.

SCHAEFER, C.E.R. Brazilian Latosols and their B horizon microstructure as long-term biotic constructs Australian Journal Soil Research, Melbourne, v. 39, p. 909-926, 2001.

SCHLESINGER, W. H (1997) Biogeochemistry: an analysis of global change, 2nd edn. Academic, San Diego.

SANAULLAH, M.; CHABBI, A.; LEIFELD, J.; BARDOUX, G.; BILLOU, D. e RUMPEL, C. Decomposition and stabilization of root litter in top- and subsoil horizons: what is the difference? Plant and Soil, v. 338, p. 127-141, 2011.

SANCHEZ, P. A. Properties and management of soils in the tropics. New York: Wiley, p. 162-183, 1976.

SANCHEZ, P. A. e LOGAN, T. J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A. (Ed.). Myths and science of soil of the tropics. Madison: SSSA/ASA, 1992. p.35-46. (Special Publication, 29).

SANDERMAN, J. e AMUNDSON, R. A comparative study of dissolved organic carbon transport and stabilization in California forest and grassland soils. Biogeochemistry, v. 89, p.309–327, 2008.

SANTOS, J. C. B. dos; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA M. C. de. e BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 36, p. 683-695, 2012.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C. e ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SILVA, A.C. Dinâmica da cobertura pedológica de uma área cratônica do Sul de Minas Gerais. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 191p. (Tese de Doutorado).

SILVA, A.C.; VIDAL-TORRADO, P. Gênese dos Latossolos Húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 329-341, 1999.

SILVA, A. C.; VIDAL TORRADO, P.; GONZÁLEZ PÉREZ, M.; MARTIN NETO, L. e VASQUEZ, F. M. Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em topossequência de LATOSSOLOS do sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, p. 1059-1068, 2007.

SILVA, I. R. e MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. e NEVES, J. C. L. (Eds.). *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. p. 275-374. HÁ 2 SILVA 2007, REVER NO TEXTOOO

SILVA. L. B.; DICK, D. P.; INDA JUNIOR, A. V. Solos subtropicais de altitude: Características químicas, teor de matéria orgânica e sua resistência à oxidação química. *Ciência Rural*, v. 38, p.1167-1171, 2008.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. *Spectrometric identification of organic compounds*. 7.ed. Hoboken: J. Wiley, 2005. 502 p.

SIMAS, F. N. B.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; CHAGAS, A. C. e BRANDÃO, P. C. Chemistry, mineralogy and micropedology of highland soils on crystalline rocks of Serra da Mantiqueira, southeastern Brazil. *Geoderma*, v. 125, p. 187-201, 2005.

SOLLINS, P.; HOMANN, P. e CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, v. 74, p.65-105, 1996.

SOTTA, E. D.; VELDKAMP, D.; GUIMARÃES, B. R.; PAIXÃO, R. K.; RUIVO, M. L. P. e ALMEIDA, S. S. Landscape and climatic controls on spatial and

temporal variation in soil CO₂ efflux in an eastern Amazonian rainforest, Caxiuanã, Brazil, *Forest Ecology and Management*, v. 237, p. 57-64, 2006.

SOUZA, R. V. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; ALMEIDA, M. C.; CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO FILHO, M. R. e SCHULZE, S. M. B. B. Caracterização de solos em uma topoclimossequência no maciço de Triunfo – Sertão pernambucano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, p. 1259-1270, 2010.

STEVENSON, F.J. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. 2.ed. New York: Wiley, 1994. 496p.

STOUT, J. D.; GOH, K. M.; RAFTER, T. A. Chemistry and turnover of naturally occurring resistant organic compounds in soil. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Ed.). *Soil biochemistry*. New York: Marcel Dekker, 1981. p. 1-73.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, O.L., (Ed.). *Methods of soil analysis Part 3: Chemical methods*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.1011-1020.

TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Uma Breve Descrição Sobre a História Natural dos Brejos Nordestinos in: *Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba-História Natural, Ecologia e Conservação* (K.C. Porto, J.J.P. Cabral e M. Tabarelli, orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p.227-284. 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. e VOLKWEISS, S. J. *Análise de solos, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)

TISDALL, J. M. e OADES, L. M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. *Soil Science Society of America Journal*, v. 33, p.141-163, 1982.

TONIOLO, E. R. e KAZMIERCZAK, M. L. *Mapeamento da Floresta Nacional do Araripe (Flona-Araripe)*. Fortaleza: IBAMA, 1998. 12p.

TUFEKCIOGLU, A. Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. *Biogeochemistry*, v. 48, p. 71-90, 2000.

van BREEMEN, N. e BUURMAN, P. Soil formation. 2.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. 404p.

VANCAMPENHOUT, K; De VOS, B.; WOUTERS, K.; SWENNEN, R.; BUURMAN, P. e DECKERS, J. Organic matter of subsoil horizons under broadleaved forest: Highly processed or labile and plant-derived? *Soil Biology & Biochemistry*, v. 50, p. 40-46, 2012.

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

VELLOSO, A. L.; EVERARDO, V. S. B.; SAMPAIO, F. G.; C. PAREYN. Ecorregiões Propostas para o bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste: Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002, 76 p.

WANG, Q.; LIU, S.; WANG, S. Debris manipulation alters soil CO₂ efflux in a subtropical plantation forest. *Geoderma*, Amsterdam, v.192, p. 316-322, 2013.

WATTEL-KOEKKOEK, E. J. W.; VAN GENUCHTEN, P. P. L.; BUURMAN, P; VAN LAGEN, B. Amount and composition of clay-associated soil organic matter in a range kaolinitic and smectitic soils. *Geoderma*, Amsterdam, v. 99, p. 27-49, 2001.

WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W. ; VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; GODINHO, T. O. e BALBINOT, R. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana Paraná. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 353-362, 2012.

YOHANNES, Y.; SHIBISTOVA, O.; ABATE, A.; FETENE, M.; GUGGENBERGER, G. Soil CO₂ efflux in an Afromontane forest of Ethiopia as

driven by seasonality and tree species. *Forest Ecology and Management*, v. 261, p. 1090-1098, 2011.

ZHANG, X. H.; LI, L. Q.; PAN, G. X. Topsoil organic carbon mineralization and CO₂ evolution of three paddy soils from South China and the temperature dependence. *Journal of Environmental Sciences*, v. 19. n. 3, p. 319-26, 2007.

APÊNDICE A – Descrição dos perfis de solo

PERFIL – P1

DATA – 22/09/2011

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico, textura argilo-arenosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Itambé-PE. Usina Central Olho d'Água. Coordenadas: 07° 25' 23,2" S 35° 10' 51,5" W

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira situada em topo de elevação, praticamente plano, com 2,5 a 12% de declividade, sob floresta subcaducifólia de formação primária.

ALTITUDE – 178 m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA – Terciário. Formação Barreiras.

MATERIAL DE ORIGEM – Sedimentos argilo-arenosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano a suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado e ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia.

USO ATUAL – Área de preservação.

CLIMA – As' da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – M. R. Ribeiro, F. A. Marques, J. F. W. F. Lima, J. K. S. Araujo e R. A. da S. Souza.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 – 0-20 cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido); argilo-arenosa; forte pequena e média granular; muitos poros; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 20-45 cm; preto (10YR 2/1, úmido); argilosa; moderada pequena e média granular; muitos poros; dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

A3 – 45-75 cm; preto (10YR 2/1, úmido); argilosa; moderada pequena e média granular e fraca pequena e média blocos subangulares; muitos poros; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A4 – 75-97 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); argilosa; moderada pequena e média granular e fraca pequena e média blocos subangulares; muitos poros; muito dura, muito friável e firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

A/B – 97-120 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), mosqueado comum, pequeno e médio, distinto, (7,5YR 4/6, úmido); muito argilosa; fraca pequena e média granular e blocos subangulares; muitos poros; muito dura, friável e firme, plástica e pegajosa; transição gradual e ondulada (17-35 cm).

B/A – 120-155 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido), mosqueado comum, pequeno e médio, e distinto, (7,5YR 4/3, úmido); muito argilosa; moderada pequena e média blocos angulares; muitos poros; muito dura, friável e firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bw – 155-200 cm+; bruno-amarelado (7,5YR 5/8, úmido) mosqueado pouco, médio e distinto (10YR 5/8 e 5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca muito pequena e média, blocos subangulares e angulares; muitos poros; firme, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas em A1, A2 e A3; comuns no A4 e A/B; poucas no B/A; raras no Bt.

- OBSERVAÇÕES** – 1. Perfil descrito úmido.
2. Presença de bolsões de atividade biológica.
3. Os horizontes A/B e B/A são resultantes de penetrações de material do horizonte A4 no material do Bw, em consequência de raízes ou outra atividade biológica.
4. A consistência no estado seco foi avaliada em amostras secas em laboratório após ensacamento e transporte das amostras.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL – P1

Horizontes		Frações da amostra total (%)			Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em água (g kg ⁻¹)	Grau de flocculação (%)	Silte Argila	Densidade (t m ⁻³)		Por. (%)
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm				solo	partículas	
A1	0-20	0	0	100	330	176	40	454	402	11	0,09	1,17	2,68	58
A2	20-45	0	0	100	253	131	62	554	489	12	0,11	1,07	2,65	60
A3	45-75	0	0	100	269	152	25	554	506	9	0,04	1,09	2,73	60
A4	75-97	0	0	100	299	125	62	514	474	8	0,12	1,17	2,72	57
A/B	97-120	0	1	99	217	121	25	637	264	59	0,04	1,18	2,68	56
B/A	120-155	0	1	99	147	87	25	741	274	63	0,03	1,39	2,73	49
Bw	155-200	0	1	99	201	10	40	749	0	100	0,05	1,28	2,69	52

Horizontes	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)								Valor V (%)	m (%)	PST (%)
	Água	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
A1	4,8	3,4	1,22	0,57	0,08	0,02	1,89	1,62	13,20	16,71	11	46	-
A2	4,9	3,9	0,27	0,13	0,02	0,01	0,44	2,64	14,61	17,69	2	86	-
A3	5,2	4,0	0,07	0,22	0,02	0,19	0,50	2,57	11,21	14,27	3	84	-
A4	5,1	3,9	0,07	0,09	0,01	0,15	0,32	1,92	8,40	10,65	3	85	-
A/B	4,9	3,9	0,12	0,14	0,01	0,16	0,43	1,81	4,50	6,74	6	81	-
B/A	4,9	3,9	0,08	0,24	0,02	0,14	0,48	1,62	2,63	4,73	10	77	-
Bw	5,0	4,0	0,07	0,55	0,01	0,14	0,77	1,10	2,11	3,98	19	59	-

Horizontes	P disponível (mg kg ⁻¹)	CO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C N	Ataque sulfúrico (g kg ⁻¹)				SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Equivalente de CaCO ₃ (g kg ⁻¹)
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃ (Ki)	R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	
A1	2,8	25,4	-	-	185,5	160,0	44,7	9,1	1,97	1,67	-	
A2	0,6	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A3	0,7	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A4	1,0	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A/B	1,1	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B/A	1,1	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bw	1,3	4,2	-	-	307,0	257,5	67,9	12,6	2,03	1,74	-	

PERFIL – P2

DATA – 22/09/2011

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso húmico, textura argilo-arenosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Margem direita da Rodovia BR-408 sentido Recife-Carpina a 5 km de Paudalho-PE, Engenho Pindoba (Bosque Abelardo Rodrigues), Paudalho-PE. Coordenadas: 07° 51' 58,2" S 35° 12' 17,1" W

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira situada em relevo praticamente plano com menos de 2,5% de declividade, sob floresta subcaducifólia de formação secundária.

ALTITUDE – 146 m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA – Terciário. Formação Barreiras.

MATERIAL DE ORIGEM – Sedimentos argilo-arenosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia.

USO ATUAL – Bosque, próximo a canalial.

CLIMA – As' da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – M. R. Ribeiro, F. A. Marques, J. F. W. F. Lima, J. K. S. Araujo e R. A. da S. Souza.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 – 0 - 20 cm; bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido) e bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, seco); argilo-arenosa; forte pequena e média granular; muitos poros; dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 20-50 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); argilo-arenosa; fraca e moderada pequena e média granular e blocos subangulares; muitos poros; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A3 – 50-88 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); argilo-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares e maciça moderadamente coesa; muitos poros; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 88-115 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmido) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seco); argilo-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; muitos poros; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

BA – 115-145 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmido); muito argilosa; fraca muito pequena e média blocos subangulares; muitos poros; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bw – 145-180 cm+; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); muito argilosa; fraca muito pequena e média blocos subangulares; muitos poros; muito dura, friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas em A1 e A2; comuns no A3; poucas em AB e BA e Bw.

OBSERVAÇÕES – 1. O perfil não foi colhido sob vegetação natural, apresentando sinais de alguma interferência humana.

2. A consistência no estado seco foi avaliada em amostras secas em laboratório após ensacamento e transporte das amostras.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL – P2

Horizontes		Frações da amostra total (%)			Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em água (g kg ⁻¹)	Grau de floculação (%)	Silte Argila	Densidade (t m ⁻³)		Por. (%)
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,05 Mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm				solo	partículas	
A1	0-20	0	0	100	356	222	40	382	352	8	0,10	1,45	2,45	41
A2	20-50	0	0	100	316	153	50	481	456	5	0,10	1,35	2,68	49
A3	50-88	0	0	100	363	155	20	462	434	6	0,04	1,29	2,70	52
AB	88-115	0	0	100	319	143	10	528	487	8	0,02	1,44	2,78	48
BA	115-145	0	1	99	336	31	10	623	390	37	0,02	1,29	2,68	52
Bw	145-180	0	1	99	300	13	10	677	0	100	0,01	1,38	2,82	51

Horizontes	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _e kg ⁻¹)								Valor V (%)	m (%)	PST (%)
	Água	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
A1	5,8	4,7	3,93	1,11	0,18	0,17	5,39	0,15	6,81	12,35	44	3	-
A2	4,8	3,8	0,64	0,16	0,04	0,13	0,98	1,40	6,37	8,74	11	59	-
A3	4,9	3,9	0,43	0,02	0,03	0,13	0,62	1,37	5,22	7,21	8	69	-
AB	4,9	3,9	0,55	0,06	0,01	0,14	0,76	1,15	3,27	5,18	15	60	-
BA	5,2	3,9	0,72	0,09	0,01	0,13	0,95	0,84	2,10	3,89	24	47	-
Bw	5,3	4,1	0,78	0,22	0,03	0,13	1,18	0,59	2,26	4,03	29	34	-

Horizontes	P disponível (mg kg ⁻¹)	CO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C N	Ataque sulfúrico (g kg ⁻¹)				SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Equivalente de CaCO ₃ (g kg ⁻¹)
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃ (Ki)	R ₂ O ₃ (Kr)	Fe ₂ O ₃		
A1	5,6	15,3	-	-	127,5	105,0	40,0	12,4	2,06	1,66	-	-	-
A2	1,0	12,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	0,8	10,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AB	0,6	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	0,8	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bw	0,9	4,2	-	-	244,0	230,0	66,3	30,2	1,80	1,52	-	-	-

PERFIL – P3

DATA – 23/09/2011

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Serra dos Cavalos a 4 km de Caruaru-PE. Caruaru-PE. Coordenadas: 08°22'23,3" S 36°01'40,1" W

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira situada em terço médio de encosta, com 25 a 45% de declividade, sob floresta subperenifólia.

ALTITUDE – 874 m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA – Titanita-anfibólio-biotita-granodiorito grosso com pórfiros de plagioclásio de cerca de 2 cm de comprimento.

MATERIAL DE ORIGEM – Produto da alteração da rocha supra-citada.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Montanhoso.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado e montanhoso, com declividades entre 25 e 45%.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta perenifólia.

USO ATUAL – Área de preservação Ambiental.

CLIMA – Cs'a da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – M. R. Ribeiro, F. A. Marques, J. F. W. F. Lima, J. K. S. Araujo e R. A. da S. Souza.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Oo – 4-0 cm; material orgânico pouco decomposto.

A1 – 0-20 cm; bruno (7,5YR 4/3, úmido); argilosa; forte pequena e média granular; dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 20-40 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido); argila; forte pequena e média granular; dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 40-75 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); argilosa; moderada muito pequena e média blocos subangulares; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

BA – 75-120 cm; vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); muito argilosa; fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.

Bw – 120-180 cm+; vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); argilosa; maciça e fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES – Muitas em A1, A2 e AB; comuns no BA e Bw.

OBSERVAÇÕES – 1. Perfil descrito sob chuva.

2. Presença de muitos bolsões de material do A, até o horizonte BA.

3. A consistência no estado seco foi avaliada em amostras secas em laboratório após ensacamento e transporte das amostras.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL – P3

Horizontes		Frações da amostra total (%)			Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em água (g kg ⁻¹)	Grau de floculação (%)	Silte Argila	Densidade (t m ⁻³)		Por. (%)
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm				Solo	partículas	
A1	0-20	0	0	100	223	232	36	509	452	11	0,07	1,20	2,72	56
A2	20-40	0	0	100	297	163	16	524	141	73	0,03	1,21	2,66	54
AB	40-75	0	0	100	289	102	10	599	202	66	0,01	1,11	2,68	59
BA	75-120	0	0	100	190	174	8	628	223	64	0,01	1,06	2,63	60
Bw	120-180	0	1	99	195	206	4	595	0	100	0,01	0,98	2,77	65

Horizontes	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)								Valor V (%)	m (%)	PST (%)
	Água	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)			
A1	4,5	4,0	0,21	0,10	0,07	0,17	0,56	1,73	9,51	11,80	5	75	-
A2	4,9	4,1	0,08	0,04	0,05	0,17	0,34	1,53	6,55	8,41	4	82	-
AB	5,1	4,1	0,07	0,05	0,06	0,18	0,37	1,34	7,48	9,19	4	78	-
BA	4,9	4,1	0,06	0,05	0,04	0,19	0,33	1,34	4,16	5,83	5	80	-
Bw	4,9	4,2	0,06	0,04	0,01	0,15	0,25	1,19	3,75	5,19	5	82	-

Horizontes	P disponível (mg kg ⁻¹)	CO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C N	Ataque sulfúrico (g kg ⁻¹)				SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Equivalente de CaCO ₃ (g kg ⁻¹)
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃ (Ki)	R ₂ O ₃ (Kr)	Fe ₂ O ₃		
A1	0,7	24,1	-	-	97,5	189,3	44,1	11,9	0,88	0,76	-	-	-
A2	0,6	17,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AB	0,4	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BA	0,9	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bw	1,1	5,6	-	-	122,0	239,8	53,2	28,5	0,86	0,76	-	-	-

PERFIL – P4

DATA – 03/03/2009

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrocoso húmico, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Margem direita da Rodovia PE-218 a 18 km de Garanhuns-PE, sentido Garanhuns-Brejão. Coordenadas UTM 24L 0769268 mE e 9004904 mN.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira situada em topo de elevação praticamente plano com menos de 2,5% de declividade, sob floresta subperenifólia de formação secundária.

ALTITUDE – 820m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA – Terciário. Cobertura sedimentar pouco espessa sobre rochas cristalinas.

MATERIAL DE ORIGEM – Cobertura de material argilo-arenoso.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano e Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta tropical subperenifólia.

USO ATUAL – Área de preservação.

CLIMA – Cs'a da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR – M. R. Ribeiro, M. M. Corrêa, J. F. W. F. Lima e J. K. S. Araujo.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 – 0-15 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); franco-argilo-arenosa; moderada e forte pequena e média granular; muitos poros; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 15-35 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); franco-argilo-arenosa; moderada pequena a média granular; muitos poros; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A3 – 35-67 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); franco-argilo-arenosa; fraca pequena granular e em blocos subangulares; muitos poros; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 67-100 cm; bruno-escuro (10YR 4/3, úmido); argilo-arenosa; fraca pequena blocos subangulares; muitos poros; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

BA – 100-135 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); argilo-arenosa; maciça moderadamente coesa e fraca pequena blocos subangulares; muitos poros friável e firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Bw – 135-190 cm+; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); argilo-arenosa; fraca muito pequena blocos subangulares; muitos poros; friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas em A1, A2 e A3; comuns no AB; poucas no BA; raras no Bw.

OBSERVAÇÕES – 1. Perfil descrito úmido.

2. Coletada amostra com trado na profundidade de 220-280 cm.

3. Presença de bolsões.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL – P4

Horizontes		Frações da amostra total (%)			Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em água (g kg ⁻¹)	Grau de flocculação (%)	Silte Argila	Densidade (t m ⁻³)		Por. (%)
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,05 Mm	Silte 0,05-0,002m	Argila <0,002 mm				solo	partículas	
A1	0-15	0	0	100	610	83	26	281	160	43	0,09	1,31	2,72	52
A2	15-35	0	0	100	618	72	18	291	132	55	0,06	1,32	2,75	52
A3	35-67	0	0	100	507	128	33	332	120	64	0,10	1,49	2,73	45
AB	67-100	0	0	100	380	82	30	508	110	78	0,06	1,49	2,78	46
BA	100-135	0	1	99	413	89	18	480	0	100	0,04	1,49	2,76	46
Bw	135-190+	0	1	99	369	103	33	498	0	100	0,07	1,48	2,77	47
Horizontes		pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)						Valor V (%)	m (%)	PST (%)		
Símbolo	Agua	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)				
A1	4,7	3,9	1,11	1,32	0,10	0,03	2,56	1,19	9,72	13,47	19	32	0	
A2	4,7	4,0	0,32	0,81	0,07	0,02	1,23	1,61	7,05	9,88	12	57	0	
A3	4,7	4,1	0,20	0,82	0,02	0,02	1,07	1,45	5,84	8,35	13	58	0	
AB	4,9	4,2	0,20	0,77	0,02	0,06	1,06	1,19	5,72	7,98	13	53	1	
BA	5,1	4,3	0,14	1,00	0,00	0,05	1,19	0,83	4,28	6,30	19	41	1	
Bw	5,0	4,4	0,09	1,33	0,01	0,03	1,46	0,47	3,19	5,12	29	24	1	
Horizontes	P disponível (mg kg ⁻¹)	CO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C/N	Ataque sulfúrico (g kg ⁻¹)				SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Equivalente de CaCO ₃ (g kg ⁻¹)		
A1	4,1	26,3	-	-	128,5	104,2	46,8	27,2	1,56	1,28	-	-		
A2	3,1	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
A3	2,1	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
AB	2,2	9,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BA	1,9	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bw	1,9	5,2	-	-	152,5	183,6	65,3	29,5	1,41	1,15	-	-		

PERFIL – P5

DATA – 26/10/2011

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico, textura franco-argilo-arenosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Margem esquerda da Rodovia Crato-Exu sentido Exu-Crato, Floresta Nacional do Araripe (FLONA-Araripe) no município do Crato-CE. Coordenadas: 07°14'24,8" S 39°29'15,1" W

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira situada em relevo praticamente plano com menos de 2,5% de declividade, sob floresta subcaducifólia de formação primária.

ALTITUDE – 947 m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA – Cretáceo. Formação Exu

MATERIAL DE ORIGEM – Sedimentos argilo-arenosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia.

USO ATUAL – Área de Preservação Ambiental.

CLIMA – Cs'a da classificação de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR – M. R. Ribeiro, J. F. W. F. Lima, J. K. S. Araujo e R. A. da S. Souza.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Oo – 0-8 cm; material orgânico pouco decomposto.

A1 – 0-20 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno (10YR 4/3, seco); argilo-arenosa; forte muito pequena e pequena granular; muitos poros; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

A2 – 20-40 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno (10YR 4/3, seco); argilo-arenosa; moderada pequena e média granular e fraca pequena blocos subangulares; muitos poros; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 40-70 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmido) e bruno-escuro (10YR 3/3, seco); argilo-arenosa; fraca pequena e média granular e blocos subangulares; muitos poros; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

BA – 70-110 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); argilo-arenosa; fraca pequena blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

Bw – 110-160 cm+; bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares; muitos poros; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa

RAÍZES – Muitas em A1 e A2; comuns no AB, BA e Bw.

OBSERVAÇÃO – Perfil descrito úmido.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL – P5

Horizontes		Frações da amostra total (%)			Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em água (g kg ⁻¹)	Grau de floculação (%)	Silte Argila	Densidade (t m ⁻³)		Por. (%)
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm				Solo	partículas	
A1	0-28	0	0	100	205	320	10	465	412	11	0,02	0,86	2,59	67
A2	28-55	0	0	100	257	232	6	505	390	23	0,01	0,94	2,66	65
AB	55-80	0	1	99	322	161	5	512	78	85	0,01	0,96	2,58	63
BA	80-120	0	1	99	240	219	4	535	58	89	0,01	1,02	2,82	64
Bw	120-150	0	1	99	237	242	11	581	68	88	0,02	1,07	2,85	62
Horizontes		pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)							Valor V (%)	m (%)	PST (%)	
	Água	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)				
A1	5,0	3,9	0,06	0,06	0,10	0,19	0,41	2,18	14,39	16,98	2	84		
A2	5,3	4,2	0,06	0,04	0,03	0,17	0,29	1,74	12,74	14,77	2	85		
AB	5,4	4,2	0,03	0,03	0,01	0,08	0,13	1,40	9,48	11,01	1	91		
BA	5,4	4,3	0,05	0,03	0,00	0,01	0,10	1,13	5,07	6,30	1	92		
Bw	5,7	4,4	0,08	0,03	0,01	0,01	0,14	0,69	5,86	6,69	2	83		
Horizontes	P disponível (mg kg ⁻¹)	CO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C N	Ataque sulfúrico (g kg ⁻¹)				SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Equivalente de CaCO ₃ (g kg ⁻¹)		
A1	1,8	31,0	-	-	120,0	159,0	69,9	28,5	1,28	1,00	-			
A2	0,3	21,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
AB	1,0	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
BA	0,9	7,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Bw	1,2	4,0	-	-	155,5	189,3	81,9	30,0	1,39	1,09	-			

PERFIL – P6

DATA – 26/10/2011

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico, textura franco-argilo-arenosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Margem esquerda da Rodovia Crato-Exu sentido Exu-Crato, Floresta Nacional do Araripe (FLONA-Araripe) em frente ao ICMBio, no município do Crato-CE. Coordenadas: 07°14'24,8" S 39°29'15,1" W Coordenadas: 07°14'54,1" S 39°29'50,7" W

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Trincheira situada em relevo praticamente plano com menos de 2,5% de declividade, sob floresta subcaducifólia de formação primária.

ALTITUDE – 963 m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA – Cretáceo. Formação Exu.

MATERIAL DE ORIGEM – Sedimentos argilo-arenosos

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subcaducifólia.

USO ATUAL – Área de Preservação Ambiental.

CLIMA – Cs'a da classificação de Köppen

DESCRITO E COLETADO POR – M. R. Ribeiro, J. F. W. F. Lima, J. K. S. Araujo e R. A. da S. Souza.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Oo – -3-0 cm; material orgânico pouco decomposto.

A1 – 0-28 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco); argilo-arenosa; moderada muito pequena e pequena granular; muitos poros; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

AB – 28-55 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmido) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seco); argilo-arenosa; fraca pequena granular e blocos subangulares; muitos poros; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

BA – 55-80 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, seco); argilo-arenosa; fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; muitos poros; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

Bw1 – 80-120 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); argilosa; fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

Bw2 – 120-150 cm+; bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); argilosa; fraca muito pequena e pequena blocos subangulares; muitos poros; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa

RAÍZES – Muitas em A1; comuns em AB e BA; poucas Bw1 e Bw2.

OBSERVAÇÃO – Perfil descrito úmido.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL – P6

Horizontes		Frações da amostra total (%)			Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em água (g kg ⁻¹)	Grau de floculação (%)	Silte Argila	Densidade (t m ⁻³)		Por. (%)
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,05 Mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm				Solo	partículas	
A1	0-28	0	0	100	212	303	27	458	401	12	0,06	0,78	2,60	
AB	28-55	0	0	100	265	245	18	472	109	77	0,04	0,91	2,67	
BA	55-80	0	1	99	302	166	10	522	88	83	0,02	0,88	2,77	
Bw1	80-120	0	1	99	224	202	8	566	78	86	0,01	0,92	2,75	
Bw2	120-150	0	1	99	188	215	6	591	0	100	0,01	0,90	2,71	
Horizontes		pH (1:2,5) Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)									Valor V (%)	M (%)	PST (%)	
	Água	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)				
A1	4,9	3,9	0,10	0,09	0,10	0,07	0,37	2,39	15,77	18,52	2	87	-	
AB	5,4	4,2	0,06	0,03	0,01	0,03	0,13	1,39	9,04	10,57	1	91	-	
BA	5,4	4,3	0,05	0,03	0,00	0,02	0,10	1,03	6,43	7,56	1	91	-	
Bw1	5,4	4,3	0,05	0,02	0,01	0,01	0,09	0,67	4,32	5,07	1	88	-	
Bw2	5,3	4,4	0,03	0,07	0,01	0,01	0,11	0,44	3,49	4,04	2	80	-	
Horizontes	P disponível (mg kg ⁻¹)	CO (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C N	Ataque sulfúrico (g kg ⁻¹)				SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Equivalente de CaCO ₃ (g kg ⁻¹)		
A1	2,3	31,4	-	-	120,0	168,3	74,0	29,5	1,21	0,95	-	-		
AB	0,7	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
BA	1,1	7,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bw1	1,1	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bw2	1,1	6,0	-	-	143,5	214,2	92,1	32,0	1,14	0,89	-	-		

APÊNDICE B – Abundância natural de ^{13}C e ^{15}N dos solos

Tabela 1. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos solos estudados.

Profundidade (cm)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
	‰	
P1 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Itambé)		
0-10	-27,10	6,63
10-20	-26,60	6,66
20-30	-26,61	6,51
30-40	-26,60	6,02
40-50	-26,66	5,78
50-60	-26,60	5,60
60-70	-26,50	5,29
70-80	-26,38	5,29
80-90	-26,30	5,72
90-100	-26,14	5,96
P2 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Paudalho)		
0-10	-23,96	6,29
10-20	-23,95	6,58
20-30	-24,92	6,98
30-40	-25,38	6,22
40-50	-25,66	6,27
50-60	-25,93	6,34
60-70	-25,77	6,46
70-80	-25,87	6,58
80-90	-25,68	7,20
90-100	-25,54	7,87
P3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (Caruaru)		
0-10	-26,45	4,41
10-20	-25,93	5,54
20-30	-25,78	6,56
30-40	-25,48	7,17
40-50	-25,52	6,88
50-60	-25,10	8,19
60-70	-25,18	8,11
70-80	-25,41	8,18
80-90	-25,24	8,23
90-100	-24,94	8,12
P4 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Brejão)		
0-10	-25,93	4,68
10-20	-24,90	5,01
20-30	-23,77	5,84
30-40	-21,62	6,50
40-50	-19,19	7,41
50-60	-18,34	7,70
60-70	-17,68	8,01
70-80	-17,52	7,43
80-90	-17,87	7,74
90-100	-17,75	7,94

(continua)

Profundidade (cm)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
	‰	
P5 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)		
0-10	-26,41	3,54
10-20	-25,10	4,75
20-30	-23,67	5,57
30-40	-22,58	6,19
40-50	-22,61	5,97
50-60	-22,07	6,45
60-70	-21,68	6,88
70-80	-21,59	6,71
80-90	-21,16	7,18
90-100	-21,01	7,31
P6 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)		
0-10	-23,77	5,43
10-20	-25,68	4,46
20-30	-26,75	3,34
30-40	-22,59	5,66
40-50	-22,11	6,16
50-60	-22,18	6,44
60-70	-21,39	7,01
70-80	-20,86	7,47
80-90	-20,32	7,97
90-100	-20,25	7,83

(conclusão)

APÊNDICE C – Efluxo de CO₂

Tabela 1. Efluxo de CO₂ em função do tempo de incubação nos seis perfis estudados (P1-Itambé, P2-Paudalho, P3-Caruaru, P6-Brejão, P4 e P5-Crato).

Perfil	Hor.	Prof. (cm)	Efluxo CO ₂ (mg CO ₂ -C Kg d ⁻¹)					
			2	7	14	21	28	35
			Dias					
P1	A1	0-20	39,55	240,47	150,01	80,74	104,02	64,83
	A2	20-45	24,72	86,57	56,86	42,45	49,20	36,78
	A3	45-75	21,76	51,05	32,73	25,56	39,56	34,65
	A/B	97-120	17,88	36,32	26,17	33,50	29,30	24,59
	Bt	155-200	16,66	33,26	22,36	28,41	24,48	51,61
P2	A1	0-20	98,48	137,38	96,70	61,14	57,70	32,33
	A2	20-50	21,12	72,06	51,78	40,75	39,99	29,31
	A3	50-88	16,25	61,03	31,58	25,65	36,84	25,95
	AB	88-145	16,25	35,31	36,81	27,25	24,13	22,12
	Bw	145-180	18,89	36,34	25,82	28,57	22,10	20,07
P3	A1	0-20	18,67	136,83	16,21	91,26	82,33	67,93
	A2	20-40	11,28	52,64	115,15	88,95	58,25	42,47
	AB	40-75	16,35	21,02	31,35	57,96	35,14	32,38
	BA	75-120	14,48	21,75	23,02	22,84	25,76	24,42
	Bw	120-180	13,35	17,38	28,14	26,98	20,42	20,03
P4	A1	0-15	61,43	133,01	73,75	50,22	36,60	35,02
	A2	15-35	47,65	113,40	54,59	43,86	27,03	24,98
	A3	35-67	12,43	30,71	31,32	32,98	27,79	26,05
	BA	100-135	14,44	26,97	25,83	23,23	22,11	25,94
	Bw	135-190	14,08	30,05	21,31	20,22	17,35	19,09
P5	A1	0-20	36,52	329,73	181,31	142,96	112,77	103,63
	A2	20-40	26,88	146,74	77,98	34,03	43,61	45,32
	AB	40-70	17,36	57,32	31,73	38,67	24,79	23,65
	BA	70-110	15,18	26,34	25,61	22,75	18,94	20,81
	Bw	110-160	14,96	36,90	23,07	23,27	14,15	20,21
P6	A1	0-15	35,07	295,82	150,60	118,32	98,30	94,28
	AB	15-35	23,92	96,48	53,81	47,26	37,72	38,29
	BA	35-67	19,22	50,55	32,76	26,60	24,04	22,37
	Bw	100-135	17,94	37,67	25,58	25,68	17,83	18,39
	Bw2	135-190	19,67	38,52	25,42	22,63	22,33	18,72