

Avaliação da qualidade de solos através de indicadores físicos e mineralógicos

Assessment of the quality of soils using physical and mineralogical indicators

Denise M. A. Ursulino¹ e Maria. M. T. Moreno²

¹ Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC/Unidade São Gonçalo do Amarante, Rua Estrada da Liberdade, s/nº, Bairro: Palestina, CEP: 62670-000, São Gonçalo do Amarante-CE/Brasil, E-mail: azevedocentec@hotmail.com, author for correspondence

² Departamento de Petrologia e Metalogenia e Programa de Pós-graduação em Geologia Regional do IGCE – UNESP/Campus Rio Claro/SP/Brasil, Avenida 24 A, 1515 Bairro: Bela Vista 13506-900 - Rio Claro, SP, E-mail: mmoreno@rc.unep.br.

Recebido/Received: 2014.11.05

Aceitação/Accepted: 2014.02.14

RESUMO

Os solos brasileiros são atingidos extensa e intensamente por processos de degradação, estão sujeitos a fatores adversos devidos ao clima tropical e ao condicionamento geográfico, além da ação prejudicial do homem. Os solos de Sobral, município localizado no semiárido brasileiro, apresentam um cenário que evidencia o modo inadequado pelo qual o meio físico tem sido historicamente ocupado e utilizado. Com isso, levantou-se a hipótese de que a aplicação de composto orgânico pudesse recuperar dois tipos de solos degradados no Sobral: o Planossolo Nártico e o Neossolo Litólico, avaliados por meio dos seguintes indicadores: granulometria a laser, umidade e análise micromorfológica. Os resultados mostraram que o composto pode ser usado para recuperação de solos degradados, uma vez que o material fornecido mantém o solo úmido, com alta disponibilidade de nutrientes e resistentes à intensidade da radiação solar e da falta de chuva, duas características peculiares da região estudada.

Palavras Chaves: composto orgânico, recuperação, solos degradados.

ABSTRACT

Brazilian soils have been affected extensively and intensely by degradation processes. They have been subjected to adverse effects due to the tropical climate and the geographical conditioning, in addition to the harmful effects of man actions. The soils of Sobral district, located in the Brazilian semiarid region, are degraded due to the inappropriate way in which they have been historically used and occupied. Thus, it was hypothesized that the application of organic compound produced can recover two types of degraded soil in Sobral: the Planossolo Nártico and the Neossolo Litólico, evaluated through the following indicators: laser granulometry, moisture, and micromorphological analysis. The results showed that the compound could be used to restore degraded soils, since the material provided to keep the soil moist, with high nutrient availability and resistant to solar radiation intensity and the lack of rain, two peculiar characteristics of the studied region.

Keywords: degraded soil, organic compound, recovery.

Introdução

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente através do GLSOD (Global Assessment of Soil Degradation), o continente Sul America no tem 244 milhões de hectares de solo degradado, sendo a desmatamento responsável por grande parte dessa degradação (Tavares *et al.*, 2008). No Brasil todas as estimativas apontam para o desmatamento, as atividades agrícolas e a mineração como as principais responsáveis pela degradação dos solos (Tavares *et al.*, 2008).

Uma grande parte dos solos degradados do território brasileiro está localizada no semiárido, na Região Nordeste. Segundo dados apontados pelo Projeto PNUD/BRA/93/036, o Nordeste do Brasil já apresenta cerca de 180000 km² de áreas com processos de degradação considerados como grave e muito grave, sendo que 18740 km² apresentam sinais intensos muito preocupantes, os chamados núcleos de desertificação. O Estado do Ceará tem proporcionalmente a maior área distribuída no perímetro do semiárido, cerca de 90% de seu território e aproximadamente 10% da área do Estado é afetada por

processos de degradação que podem evoluir para o grau de desertificação (Nascimento *et al.*, 2007). O Município de Sobral, localizado na porção noroeste do Estado Ceará, apresenta um cenário que evidencia o modo inadequado e insustentável pelo qual o meio físico tem sido historicamente ocupado e utilizado. Os solos do município vêm sendo degradados desde 1700, com o corte da vegetação nativa para a fundação das fazendas de criação de gado, para o cultivo do café, algodão e para o plantio da cultura de subsistência (mandioca, feijão e milho). A degradação foi potencializada com contínuo uso das atividades agrícolas, através da especulação imobiliária e pela extração de bens minerais. Salienta-se, que o processo pedogenético atuante é lento e menos ativo, em decorrência das condições climáticas de semiaridez reinantes no município. Essa fragilidade natural aliada às ações antrópicas reduz os horizontes superficiais dos solos conduzindo-os a uma instabilidade estrutural, por vezes ficando erodidos. O estudo sobre recuperação de áreas degradadas, em particular do solo, está em crescimento. Diversas pesquisas enfatizam que a melhor forma de influenciar nas propriedades e na qualidade de um solo é fornecer matéria orgânica, a qual cria condições favoráveis na estruturação física, na troca de água, ar e calor, bem como, no armazenamento e na ciclagem dos nutrientes (Primavesi, 2002; Mataix, 2007). Partindo desse princípio, o aporte da matéria orgânica ao solo na forma de composto orgânico, foi utilizado como técnica de reversão da degradação dos solos no município de Sobral. A viabilidade da técnica foi averiguada através de estações experimentais em dois solos degradados utilizando atributos físicos como indicadores de qualidade.

Materiais e Métodos

O Município de Sobral está situado na região nordeste do Brasil, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú. Seu posicionamento encontra-se entre a Latitude de 3° 41'10"S e Longitude 40° 20'59"W (Figura 1). O município está no domínio do bioma caatinga, cujo contexto climático é dotado de uma longa estação seca e falta de regularidade na chegada das chuvas de verão. O regime pluviométrico da região concentra-se nos meses de março, abril e maio variando de 850 a 1000 mm, com temperaturas que oscilam de 25 e 30 °C em boa parte do ano. Na unidade geomorfológica Depressão Sertaneja, associada ao Planossolo Nártico, foi instalada a estação experimental A (EEA), no limite norte do município de Sobral. Ocorrem na área rochas pertencente

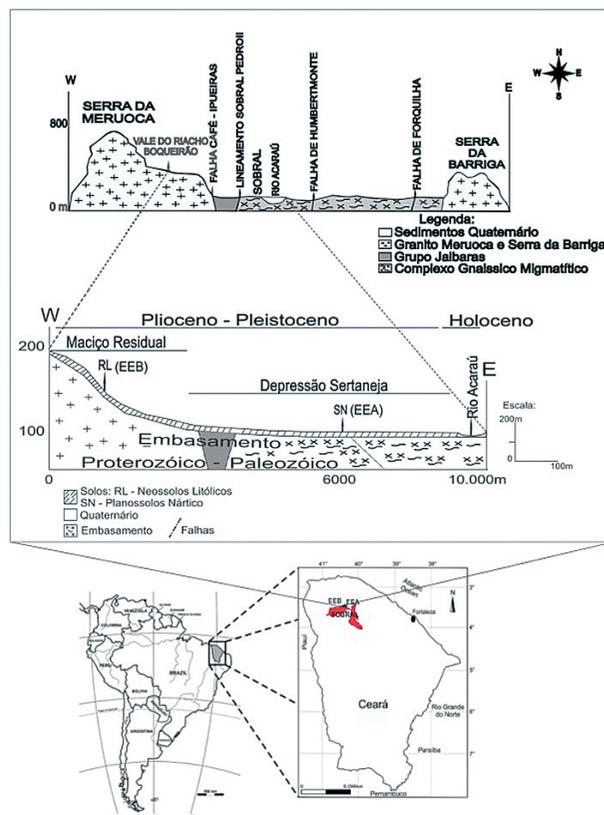


Figura 1 – Localização da área de estudo e representação esquemática do relevo, litologia e situação dos solos estudados.

à Unidade Canindé, constituída por gnaiesses migmatíticos, quartzitos e xistos, deformados pelas falhas Sobral-Pedro II, Humberto Monte e Rio Groaíras, com movimentos em várias direções, preferencialmente NW-SE, NE-SW (Figura 1). Atualmente a área está sendo utilizada para pastagem e plantio de culturas de subsistência, porém, teve alguns hectares arrendados para a extração de substância mineral de classe II (saibro). Na unidade Maciço Residual, vinculada ao Neossolo Litólico foi implantada a estação experimental B (EEB), localizada no limite noroeste do município numa propriedade particular, a área está sendo utilizada atualmente para pecuária, plantio de cultura de subsistência, contudo, foi utilizada anteriormente para extração de granito (Figura 1). O solo desenvolveu-se sobre rocha do Proterozóico classificada como Granito Meruoca, que é afetado por grandes falhamentos (Café Ipueiras e Lineamento Sobral Pedro II) de direções preferenciais E-W e NE-SW (Silva Filho *et al.*, 2009). Para a construção do sistema experimental levou-se em consideração o trabalho de Guerra (1991). As estações experimentais foram construídas em alvenaria, dimensionadas com 12 m² no nível do solo para não reter a água em excesso. Para efeito de comparação

as estações foram divididas em duas parcelas, com 6 m² cada uma, definidas como: solo exposto (SE) sem tratamento orgânico e solo com composto (SC) com a manta orgânica. A produção do composto orgânico foi embasada nos trabalhos de Bertoni e Lombardi Neto (2005); Meirelles e Rupp (2005) e Primavesi (2002). Neste trabalho foi utilizada a relação C:N abaixo de 12 g/kg para identificar o grau de maturidade do composto sugerido por Iglesias-Jimenez e Perez-García (1992). Para a montagem da pilha de compostagem foi adicionado esterco bovino comum nas duas áreas testes e os resíduos vegetais pertencentes a cada unidade geomorfológica correspondente a cada estação climática. Foram produzidos primeiramente 80 kg de composto no período chuvoso e depois no período seco 40 kg no ano de 2010; a última produção, também com 40 kg ocorreu no período chuvoso de 2011. O composto foi analisado no Laboratório de Solos/Água do Departamento de Solo da Universidade Federal do Ceará, conforme Embrapa (1999).

As amostras foram coletadas antes e após a disposição do composto numa profundidade de 20 cm. Para a caracterização dos solos foram realizados ensaios limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP). O índice de plasticidade (IP) foi determinado pela diferença entre o LL e o LP. O IP foi considerado Não Plástico (IP = 0), Pouco Plástico (1 < IP < 7), Plasticidade Média (7 < IP < 15) e Muito Plástico (IP > 15) (Caputo, 1981). As análises foram executadas no Laboratório de Geotecnia do Departamento de Geologia Aplicada da Universidade Estadual Paulista de acordo com as metodologias de Nogueira (2005). O ensaio da massa específica da partícula (MEP) e da massa específica do solo (MES) foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus de Sobral/CE, conforme a norma NBR 6508/84. A porcentagem dos sólidos (PS) e a porcentagem dos espaços porosos (PEP) dos solos foram calculadas por: $PS\% = 100 \times \text{MES}/\text{MEP}$ e $PEP\% = 100 \times (1 - \text{MES}/\text{MEP})$ (Troeh e Thompson, 2007).

A análise granulométrica a laser dos solos com composto orgânico, a umidade dos solos em campo nas parcelas SE e SC, e a análise micromorfológica foram utilizados como indicadores de qualidade (recuperação dos solos). A análise granulométrica a laser foi realizada utilizando-se o equipamento Malvern Mastersizer 2000, o tratamento dos dados foi executado por um software de mesmo nome (Guardani *et al.*, 1999). Os valores encontrados foram plotados no diagrama do sistema de classificação textural do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Os dados sobre a umidade dos solos em campo após a aplicação do composto foram coletados a partir de um medidor portátil o XH901-1 (Moisture Meter),

que mede pontualmente o teor volumétrico de umidade dentro da faixa de 1-10%, de acordo com os intervalos de leitura de 1-3% = solo seco, 4-7% = solo úmido e de 8-10% = solo molhado. A coleta foi avaliada de duas maneiras nas duas parcelas (SE e SC), em superfície e subsuperfície (pequenas cavas com 20 cm de profundidade). As leituras foram obtidas no período da manhã e da tarde, durante a estação de chuva e seca do ano de 2011. Para análise micromorfológica foram coletadas amostras indeformadas em cada parcela, a coleta foi efetuada por meio de amostrador de ferro galvanizado de 13 cm de altura e 11 cm de diâmetro numa pequena cava de 20 cm de profundidade, devidamente orientada em relação ao topo dos perfis, a partir da metodologia sugerida por Bullock *et al.* (1985) e Castro (2005). As lâminas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia da Unicamp, no Estado de São Paulo.

Resultados e Discussão

Os valores da massa específica do solo (MES) revelaram que os solos estão com problemas. A MES em torno de 1,65 g/cm³ para solos arenosos e 1,45 g/cm³ para solos argilosos indicam alta probabilidade de oferecerem riscos de restrições de uso (Reinert e Reichert, 2006). O desmatamento na área da EEA influenciou nos efeitos pluvioerosivos, ocasionando uma selagem de superfície o que aumentou a densidade, conforme a média dos valores no Planossolo de 1,40 g/cm³. A MES de 1,50 g/cm³ para o Neossolo, também foi alta, o solo na área EEB possuía baixo teor de matéria orgânica que aliado ao pisoteio do gado causaram compactação.

A média do índice de plasticidade (IP) do Planossolo foi de 16%, cai no nível de Plasticidade Média, indicativo da presença de minerais de argila expansiva. O valor médio do IP no Neossolo Litólico de 3%, insere-o no nível de Pouco Plástico (Quadro 1). Os valores encontrados da análise granulométrica a laser dos solos sem composto orgânico foram plotado no diagrama triangular e revelaram que o Planossolo Nártico foi classificado como franco siltoso e cada amostra do Neossolo Litólico uma classe textural (Quadro 1).

Os altos valores de argila encontrados no Planossolo confirmam a potencialidade do material de origem em fornecer quantidades de substâncias de argila com capacidade de agregar partículas, e o Neossolo, mesmo sendo constituído na sua essência por frações grossas, apresenta ainda uma porcentagem de partículas finas que atuam como ligante do solo (Quadro 1). Segundo Troeh e Thompson (2007) a

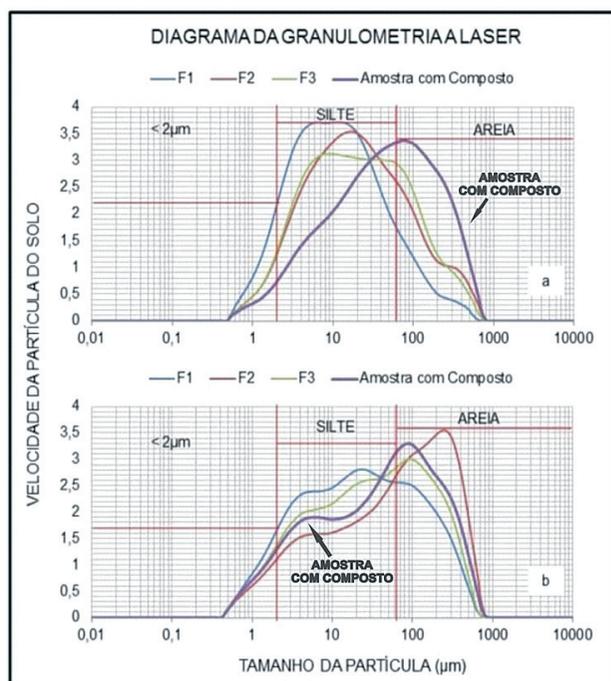
Quadro 1 – Características textural dos solos antes da aplicação do composto.

| Características | Planossolo Nártico (EEA) | | | | Neossolo Litólico (EEB) | | | |
|-----------------|--------------------------|--------|--------|-----------|---|--------|--------|-----------|
| | Furo 1 | Furo 2 | Furo 3 | \bar{y} | Furo 1 | Furo 2 | Furo 3 | \bar{y} |
| Argila % | 8,0 | 6,0 | 14 | 9 | 7,0 | 11 | 8,0 | 8,0 |
| Silte % | 76 | 71 | 69 | 72 | 20 | 61 | 44 | 41 |
| Areia % | 24 | 23 | 23 | 23 | 73 | 28 | 48 | 49 |
| Classificação | Franco Siltoso | | | | Franco Arenoso, Franco Siltoso e Franco | | | |

matéria orgânica ajuda a unir as partículas de argila. Os valores da relação C:N dos compostos produzidos, em torno de 11g/kg, indica o alto grau de maturidade, estando de acordo com a classificação sugerida Iglesias-Jimenez e Perez-García (1992). A primeira aplicação de composto orgânico ocorreu em maio de 2010 (período chuvoso), três meses depois, no período de seca, pode-se observar que nas parcelas de solo com composto (SC), algumas espécies vegetais nasceram durante a estação chuvosa e secaram durante a estiagem. A segunda aplicação no final de 2010, o diagnóstico foi realizado no período de chuva em 2011, a cobertura vegetal cresceu de forma bastante satisfatória. Na estação EEA cresceram a chanana (*Turnera subulatae* Sm.), a malícia-roxa (*Shrankia leptocarpa* DC.), o capim.panasco (*Aristida setifolia* Kunth), algumas espécies de folhas e galhos suculentos indicativo da acumulação de água, além do cominho-bravo (*Pectis opodocephala* Baker), bem como, minhocas, cobras, lagartos, rãs, escorpiões, formigas e abelhas. Na estação EEB, a parcela SC estava completamente ocupada por uma leguminosa a mata-pasto-liso (*Senna obtusifolia* (L.) H. S. Irwin & Barneby), além da presença de escorpiões, formigas, abelhas, lagartas e minhocas. Após a última aplicação, no período de estiagem de 2011, o solo manteve-se protegido, a vegetação ainda verde, mas, apresentava algumas folhas secas, quando chegaram às primeiras chuvas de 2012, a cor verde deu vida à parcela SC. Os 160 kg de composto orgânico dispostos sobre os solos de forma uniforme nas parcelas SC, possibilitou a ocorrência de espécies com um enraizamento, que apesar de superficial, apresentou funções de ancoragem aos solos, pela simples agregação das partículas. As espécies vegetais contribuem com o sistema radicular e o caule, sendo utilizadas em diferentes arranjos geométricos como elementos estruturais e mecânicos para contenção e proteção do solo, melhorando as condições de drenagem e retenção das movimentações de terra (Couto *et al.*, 2010).

As curvas de frequência granulométrica a laser obtidas das amostras de solo sem composto do Planossolo

revelaram uma distribuição uniforme, aproximadamente gaussiana e achatada, indicando que as partículas não foram sujeitas a transporte, condizente com o seu posicionamento geomorfológico (Figura 2a). A curva que representa a amostra com composto orgânico torna-se mais estrita na faixa 63 μ m, evidenciando a presença de argilominerais distribuídos no limite silte e argila, apresenta-se como aproximadamente bimodal, indicando uma melhor gradação das partículas no solo, ou seja, ocorreu uma organização no tamanho das partículas (Figura 2a). As curvas granulométricas das amostras do Neossolo Litólico são bimodais tornando evidente, que as partículas foram movimentadas, compatível com a natureza coluvial deste solo. A curva da amostra com composto apresenta uma curva bimodal melhor definida indicando uma maior organização e distribuição dos colóides, torna-se também, mais estrita na faixa da areia (Figura 2).

**Figura 2** – Curva de frequência granulométrica. a) Planossolo Nártico. b) Neossolo Litólico.

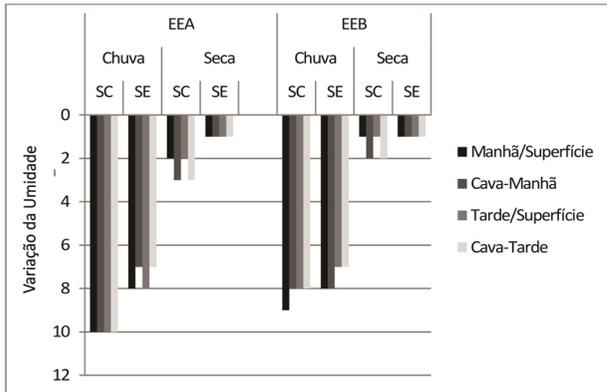


Figura 3 – Medida da umidade das duas áreas no período chuvoso e seco.

A resposta dos solos ao tratamento com composto orgânico é governada pelo movimento que as partículas têm ao ambiente dado, com isso, é possível ressaltar a facilidade que as partículas possuem de se aderir a outro objeto. De acordo com Bunsch (1999) citado por Primavesi (2002), “não vale a tecnologia de massa de nutrientes, mas a tecnologia de mobilização e acesso”.

Dados anunciados pela FUCEME (Fundação Cearense de Meteorologia) apontam que, em 2011, os índices pluviométricos totais de 745,6 mm foram superiores a média de 2010 (540,4 mm). Analisado o gráfico de umidade de campo durante a estação de chuva, nas parcelas solo exposto (SE) e solo com composto (SC), pode-se observar que existe uma relação devido à intensificação das chuvas no ano 2011, conseqüentemente, um aumento da umidade nos dois solos, tanto em superfície como em subsuperficial (Figura 3). Nas parcelas SC, conforme a escala de umidade, os solos ficaram molhados.

Guardadas as devidas proporções, pode-se considerar que nas parcelas SC, durante a estiagem, a umidade foi mantida, especialmente na subsuperfície no período da tarde, quando há a maior incidência solar (Figura 03). O composto orgânico impediu a perda de umidade para a atmosfera, possibilitou a entrada de água, ar e serviu de substrato para o desenvolvimento de minhocas e do sistema radicular, ora citado. Segundo Primavesi (2002), para que haja minhocas o solo tem que ser protegido contra o ressecamento, ter arejamento e conter matéria orgânica.

As descrições micromorfológicas realizadas mostraram que os dois solos, antes da aplicação do composto, apresentavam grande quantidade de minerais primários com grãos grossos na massa dos solos, sem agregação e baixa porosidade, de acordo com o valor da massa específica. A análise micromorfológica na parcela SE, na unidade mais próxima da

superfície, mostrou pouco plasma, com concentração de minerais como o quartzo e o plagioclásio fortemente fraturado e bastante corroído (Figura 4a). A lâmina referente à unidade subsuperficial revela um material predominantemente arenoso e pouca presença de material fino observam-se cristais de muscovita e de biotita. A matriz é constituída por um plasma vermelho escuro amarelado, composto por matéria orgânica e fragmentos poliminerálicos, uniformemente distribuídos onde estão inseridas as feições grosseiras (Figura 4b).

A fotomicrografia da parcela SC, na unidade próxima da superfície, a percentagem de material grosso, ainda é maior que o do fino mais plasma. Observa-se uma dispersão e a formação de uma estrutura maciça (Figura 4c). Na unidade subsuperficial pode-se observar uma microestrutura com pedalidade fortemente desenvolvida de microagregados a partir da floculação (Lepsch, 2011), constituídos por grânulos com forma esferoidal, e ainda é possível identificar pequenos nódulos de óxido ferro, agrupamentos de grãos de quartzo mais finos e aumento da porosidade estrutural (Figura 4d).

A microfotografia do Neossolo da parcela SE na unidade superficial exibe faixas de minerais opacos disseminados ao longo de microfissuras onde o material é mais grosso (Figura 5a), sendo possível afirmar a ausência de agregação, o plasma é composto por argila e matéria orgânica (Figura 5b).

Na microfotografia da parcela SC na unidade de superfície há uma dispersão das partículas auxiliando na formação de poros do tipo canais (Figura 5c). Na fotomicrografia da unidade de subsuperfície, o esqueleto mostrou-se composto por alguns nódulos ferruginosos e é possível identificar a organização do material grosso e agregação de alguns colóides, sendo conduzidos pelo plasma e apresentam porosidade em canais (Figura 5d).

A deposição de matéria orgânica é o ponto-chave no processo de construção de solo, na medida em que proporciona a formação da estrutura, como foi observado nos dois solos. Este fato reafirma os resultados obtidos por Klinge (1977), Herrera *et al.* (1978) e Jordan (1982) que concluíram que a matéria orgânica é a principal responsável pela manutenção dos ecossistemas tropicais (Valcarcel e D’alterio, 1998). Foi possível visualizar nas microfotografias a reorganização dos grãos após a disposição do composto orgânico, os grãos foram fragmentados (rompidos) em tamanhos menores favorecendo a formação de microagregados. De acordo com Bullock *et al.* (1985), o grau de desenvolvimento das microestruturas é moderada no Planossolo e fraca no Neossolo. Segundo Lima *et al.* (2007), no semiárido cearense a

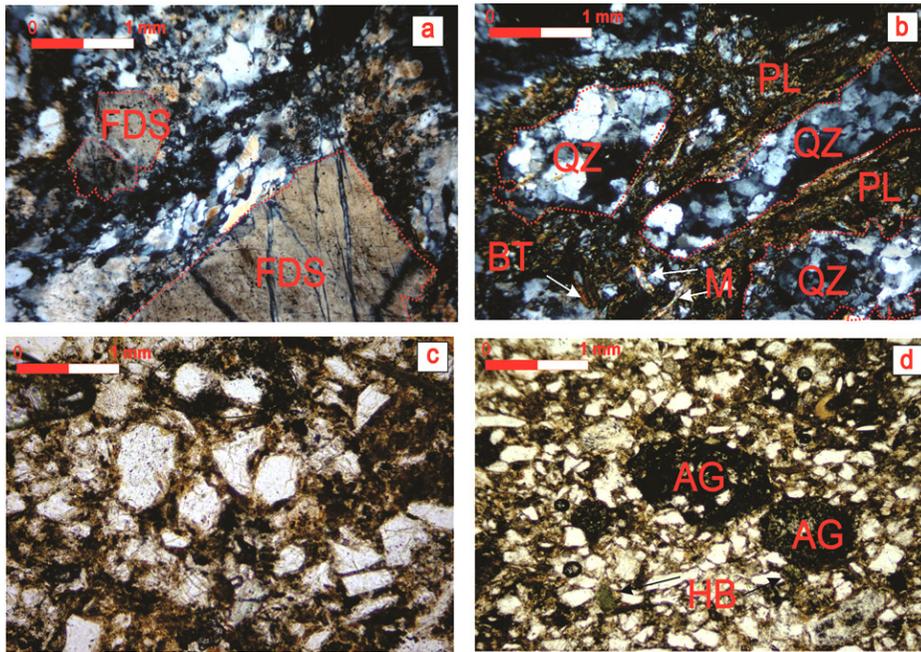


Figura 4 – A fotomicrografia com nicóis cruzados, do solo na parcela SE, o esqueleto mostrou-se composto de grãos de quartzo e feldspato com grande variação de tamanho e sem agregados (a, b). Sob a luz natural, os grãos de quartzo são envolvidos por delgada camada de material fino (c). Formação de agregados e aumento da microporosidade por cavidade (d). Onde: Qz (quartzo), FDS (feldspato), BT (biotita), M (muscovita), HB (hornblenda), PL (plasma) e AG (agregado).

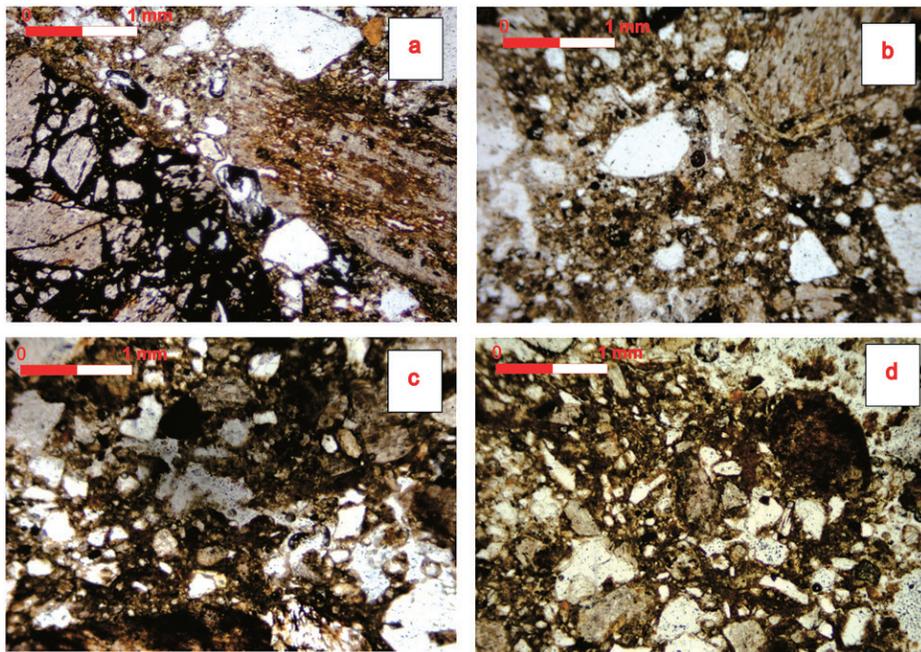


Figura 5 – A fotomicrografia exibe faixas de minerais opacos disseminados ao longo de microfissuras (a). Fotomicrografia apresentando estrutura de base porfírica, os grãos do esqueleto são mal selecionados, estão parcialmente cimentados pelo plasma, o solo não apresenta estrutura (b). Porosidade em canais (c). Uma possível organização do material e uma porosidade em canais (d).

estabilidade dos agregados é maior no cultivo orgânico, a matéria orgânica estimula a agregação das partículas dos solos devido à natureza dos colóides existentes e dos agentes cimentantes (Kiehl, 1979).

Conclusão

Na Região de Sobral, as limitações e a pluviosidade impõem sérias restrições de uso aos solos. O tratamento aplicado (composto orgânico) demonstrou ser efetivo para a estabilização dos solos, que apresentaram maior resistência à radiação solar e à aridez. O composto orgânico atuou como um ligante, proporcionando uma evolução no solo, que se traduziu numa melhoria gradual das suas características físicas. A constatação mais surpreendente foi a relação tempo x composto orgânico, em dois anos ocorreu a organização das partículas e formação de agregados conduzindo a regeneração dos solos degradados numa região de semiaridez, melhorando sua qualidade.

A operação da aplicação do composto orgânico deve ser projetada para ciclos repetitivos durante a estação da chuva infiltração/percolação e da estação da estiagem adsorção das partículas. A metodologia é simples e de baixo custo, caberá a cada produtor adaptá-la e aplicá-la aumentando a hipótese da regeneração do solo.

Agradecimentos

Agradece-se ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro, ao Programa de Pós-graduação em Geologia Regional, ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas- IGCE, ao Instituto Centro de Educação Tecnológica do Estado do Ceará (CENTEC), ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus de Sobral/CE e ao Instituto de Geociências da UNICAMP pelas análises.

Referências Bibliográficas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 6508. (1984) - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 8p.

Bayer, C. e Mielniczuk, J. (2008) - Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G.A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P. e Camargo, F.A.O. (Ed.) - *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*, 2ª ed. Porto Alegre, Editora Metrópole, p. 7-18.

Bertoni, J. e Lombardi Neto, F. (2005) - *Conservação do Solo*. 5ª ed. São Paulo, Ícone, 355 p.

Brewer, R. (1976) - *Fabric and mineral analysis of soils*. New York, Robert Krieger Publishing, 470 p.

Bullock, P.; Fedoroff, N.; Jongerijs, A.; Stoops, G.; Tursina, T. e Babel, U. (1985) - *Handbook for soil thin section description*. England, Waine Research Publication, 152 p.

Caputo, H.P. (1981) - *Mecânica dos solos e suas aplicações*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A., 241 p.

Castro, S.S. (2005) - Micromorfologia de solos aplicada ao diagnóstico de erosão. In: Guerra, A.J.T., Silva, A.S., Botelho, R.G.M (eds.) - *Erosão e conservação dos solos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 127-163.

Couto, L.; Gonçalves, W.; Coelho, A.T.; Paula, C.C.; Garcia, R.; Azevedo, R.F.; Locatelli, M.V.; Advíncula, T. G.L.; Brunetta, J.M.F.C.; Costa, C.A.B.; Gomide, L. C. e Motta, P.H. (2010) - *Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil / Laércio Couto [et al.]*. In: Boletim Técnico CBCN, n.001, Viçosa/MG. p 118.

Dias L.E. e Griffith, J.J. (1998) - Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: Dias, L.E.; Mello, J.W.V. - *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa: UFV. p. 1-7.

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

EMBRAPA (1999) - Sistema Brasileiro de classificação de solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Brasília: SPI, 412 p.

EMBRAPA (2006) - *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2 ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 306 p.

Guardani, R., Nascimento, C.A.O.; Guardani, M.L.G.; Martina, M.H.R.B. e Romano, J. (1999) - Study of Atmospheric Ozone Formation by Means of a neural Network-Based Model. *J. Air & Waste Manage Association*, vol. 49, n. 3, p. 316-323.

Guerra, A.J.T. (1991) - Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content. *Ph D.*, University of London, 441 p.

Iglesias-Jimenez, E. e Perez-Garcia, V. (1992) - Determination of maturity indices for city refuses compost. *Agriculture, Ecosystems and Environmental*, vol. 38, n. 4, p. 331-343.

Kiehl, E. J. (1985) - Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Agrônômica Ceres. 492 p.

- Lima, H.V.; Oliveira, T.S.; Oliveira, M.M.; Mendonça, E.S. e Lima, P.J.B.F. (2007) - Indicadores da qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semiárido cearense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 31, n. 5, p. 1085-1098.
- Mataix, C. (2007) - Técnicas de revegetación de taludes. In: /José M^a Rey Benayas; Tiscar Espigares Pinilla; José Manuel Nicolau Ibarra (eds.) - *Restauración de Ecosistemas Mediterráneos*. Universidad de Alcalá, p 189 – 214.
- Mazurana M.; Fink, J.R.; Camargo, E.; Schmitt, C.; Andrezza, R. e Camargo, F.A.O. (2013) - Estoque de carbono e atividade microbiana em sistema de plantio direto consolidado no Sul do Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 36, n. 3, p. 288-296.
- Meirelles, L.R.; Rupp, L.C.D. (2005) - Agricultura ecológica: princípios básicos. Cartilha do Centro Ecológico de Ipê, 76p. Disponível em http://www.permacultura-ahia.org.br/artigos/Cartilha_Agricultura_Ecologica.pdf.
- Nascimento, F.R.; Souza, M.J.N.; Cruz, M.L.B. (2007) - Enfoque geoambiental para tratamento da degradação/desertificação no município de Sobral-Nordeste do Brasil-Ceará. *Revista Eletrônica Ate-liê Geográfico*, vol. 1, n. 2, p. 80-101.
- Nogueira, J.B. (2005) - *Mecânica dos Solos. Ensaio de Laboratório*. EESC/USP/Departamento de Geotecnia. 248 p.
- Primavesi, A. (2002) - *Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais*. São Paulo: Nobel, 549 p.
- Reinert, D.J. e Reichert, J.M. (2006) - Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste. *Ciência Rural*, vol. 36, n. 6, p. 1931-1935.
- Rodrigues, A.R.; Coutinho, J. e Madeira, M. (2013) - As práticas de gestão e a qualidade do solo em pomares de pereira 'Rocha'. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 36, n. 2, p. 238 – 249.
- Silva Filho, W.F.; Garcia, M.G.M. e Vaz, C.P. (2009) - As morfoestruturas do lineamento transbrasiliano no Nordeste do Ceará: controle geotectônico, depósitos minerais e atividade sísmica. Relatório Final do Projeto FUNCAP/CNPq/PPP/Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. *Fortaleza*, vol. 1 (texto), p. 1-85.
- Tavares, S.R.L.; Melo, A.S.; Andrade, A.G.; Rossi, C.Q. e Capeche, C.L. (eds.). (2008) - Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 228 p. Disponível em <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html>.
- Troeh, F.R. e Thompson, L.M. (2007) - *Solos e Fertilidade do Solo*. 6^a Edição. Andrei Editora Ltda, 718 p.
- Ursulino, D.M.A. (2013) - Estudo geoquímico de solos em áreas degradadas no município de Sobral (CE) com vistas à sua recuperação. *Dissertação de Doutorado*. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 164 p.
- Valcarcel, R. e D'alterio, C.F.V. (1998) - Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: avaliação das modificações edáficas e fitossociológicas. *Revista Floresta e Ambiente*, vol. 5, n. 1, p. 68-88.