

Seminário PIBIC Embrapa Solos 2016/2017



ISSN 1517-2627

Setembro, 2017

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 192

Seminário PIBIC Embrapa Solos 2016/2017

Caio de Teves Inácio

Claudio Lucas Capeche

Alba Leonor da Silva Martins

Jacqueline Silva Rezende Mattos

Liliane de Carvalho

Rio de Janeiro, RJ

2017

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico

CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ

Tel: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Solos

Comitê Local de Publicações

Presidente

José Carlos Polidoro

Secretário Executivo

Jacqueline Silva Rezende Mattos

Membros

Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de Camargo de Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Cesar da Silva Chagas, Enyomara Lourenço Silva, Evaldo de Paiva Lima, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Luciana Sampaio de Araujo, Maria Regina Capdeville Laforet, Mauricio Rizzato Coelho, Moema de Almeida Batista, Wenceslau Geraldes Teixeira.

Supervisão Editorial

Jacqueline Silva Rezende Mattos

Revisão de texto

Marcos Antonio Nakayama

Normalização bibliográfica

Luciana Sampaio de Araujo

Imagem da capa

Alexandre Esteves

Editoração eletrônica

Jacqueline Silva Rezende Mattos

1ª edição

On-line (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Solos

Seminário PIBIC Embrapa Solos (2016-2017 : Rio de Janeiro, RJ)

Seminário PIBIC Embrapa Solos 2016/2017 / Caio de Teves Inácio ... [et al.], editores técnicos.

– Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2017.

76 p. : il. color. – (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 192).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<https://www.embrapa.br/solos/publicacoes>>.

Título da página da Web (acesso em 21 set. 2017).

1. Iniciação científica. 2. Ciência do solo. I. Capeche, Claudio Lucas. II. Martins, Alba Leonor da Silva. III. Mattos, Jacqueline Silva Rezende. IV. Carvalho, Liliane de. V. Embrapa Solos. VI. Título.

CDD 631.4

© Embrapa 2017

Editores Técnicos

Caio de Teves Inácio

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Claudio Lucas Capeche

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Alba Leonor da Silva Martins

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Jacqueline Silva Rezende Mattos

Letróloga, pós-graduação em Gestão em Administração Pública, analista da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Liliane de Carvalho

Psicóloga, mestre em Psicologia, analista da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Apresentação

A Ciência não pode parar! E a formação de um pesquisador deve começar cedo. É com este espírito que a Embrapa Solos acolhe, em caráter contínuo, bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq. Os pesquisadores da Embrapa reconhecem seu papel na formação desses novos pesquisadores, bem como a contribuição que estes trazem para o dia a dia do trabalho do pesquisador, e o resultado final dos trabalhos inovadores. Ajudar na formação do bolsista e fazer com que ele, ao final do período de bolsa, tenha gosto pela ciência é nosso maior valor. Mesmo que muitos não se tornem pesquisadores de fato, cientistas. Ao menos terão se apropriado daquele gostinho de ter participado de estudos inovadores, saberão melhor o que de fato é a Ciência, e poderão disseminar isso dentro da sociedade. Todos ganham quando a sociedade sabe e reconhece o que é o trabalho científico, como são as pessoas por trás dos artigos científicos, e como isso pode mudar nossas vidas.

Este ano, novamente, tivemos 11 bolsistas PIBIC na Embrapa Solos. Nosso evento anual, o Seminário PIBIC Embrapa Solos, foi gratificante, para alunos e orientadores. Todos foram unânimes em ressaltar a qualidade dos estudos, das apresentações e dos alunos, principalmente. Algo que vem se elevando ano a ano. Aos bolsistas foi lembrado, na abertura do evento, pelo Dr. Caio de Teves Inácio, a importância

da Comunicação Científica! E que talvez este seja o grande e valioso momento do passo a passo de um estudo. A comunicação, a publicidade de um estudo, com seus métodos e resultados aos seus pares e a sociedade. Um estudo engavetado, por mais brilhante que seja, não cumpre seu objetivo real, não acontece de fato, até ser revelado, apresentado à sociedade. E o Seminário PIBIC Embrapa Solos foi para esses bolsistas a primeira etapa da divulgação científica. Muitos em sua primeira experiência em público, sendo questionados, elogiados e criticados. Tudo para que a formação do cientista prossiga sólida. Parabéns aos bolsistas e orientadores por tão gratificante evento. Estes ANAIS trazem os resumos dos 11 trabalhos apresentados. E ano que vem tem mais!

Daniel Vidal Pérez

Chefe-Geral da Embrapa Solos

Sumário

Introdução	9
1 - Combinando insumos para a revegetação eficiente do rejeito da Barragem do Fundão, Mariana, MG - <i>Beatriz da Silva Marinho; Fabiano de Carvalho Balieiro; Silvio de Lucena Tavares .</i>	13
2 - Caracterização da matéria orgânica do solo por espectroscopia de ressonância magnética nuclear do ¹³C para a avaliação de serviços ecossistêmicos - <i>Catarina Mendes Rebello; Etelvino Henrique Novotny; Ana Paula Dias Turetta</i>	17
3 - Proposta de critérios quantitativos para a classificação do horizonte A antrópico no SiBCS - <i>Fernanda Reis Cordeiro; Ademir Fontana; Andressa Rosas de Meneses; Lúcia Helena Cunha dos Anjos; Wenceslau Geraldes Teixeira</i>	23
4 - Predição e mapeamento de atributos do solo utilizando sensores proximais - <i>Hugo Machado Rodrigues; Gustavo Mattos Vasques.</i>	28
5 - Uso de espectrômetro de fluorescência de raios x portátil (pXRF) para avaliação de teores de titânio (Ti) em amostras de solo - <i>Júlia do Nascimento Pereira Nogueira; Wenceslau Geraldes Teixeira; Gustavo M. Vasques</i>	32

6 - Zoneamento cartográfico de solos na região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros: levantamento, recuperação e organização da base de dados de perfis de solos - Karolina Esther da Silva; Joaquim Pedro de Santana Xavier; Flávio Adriano Marques; José Coelho de Araújo Filho	36
7 - Dinâmica de Uso da Terra e Mapeamento de Sistemas Culturais em Escala Regional por Sensoriamento Remoto: Contribuição da Linguagem `R` no Desenvolvimento de Soluções Tecnológicas - Margareth Simões; Leonara Alves; Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz	41
8 - Efeito de fontes e doses de fertilizantes potássicos na solubilidade e mobilidade de potássio em condições controladas - Leticia Bolsas Mendonça; Paulo César Teixeira; Bianca Braz Mattos; José Carlos Polidoro; Débora Nóbrega dos Santos; Ana Eliza de Freitas Martinho	45
9 - Teor e estoque de carbono e nitrogênio do solo em área sob sistema silvipastoril na Zona da Mata, MG - Pedro Augusto Dias de Oliveira; Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues; Renato Campello Cordeiro; Mirelly Mioranza; Thamires Rodrigues de Sá Valle; Fabiano Barbosa Alecrim	50
10 - Desenvolvimento e avaliação da qualidade química e física de fertilizantes organominerais produzidos a partir de diferentes resíduos agrícolas - Raphaela Camara da Fonseca; Paulo César Teixeira; Bianca Braz Mattos; Rosângela Straliootto; Vinícius de Melo Benites	53
11 - Classificação orientada a objetos para mapeamento do uso da terra em paisagem fragmentada de Mata Atlântica, RJ - Teule Lemos Branco; Elaine Cristina Cardoso Fidalgo; Carolina Chiarello de Andrade; Rachel Bardy Prado	58
Editais Embrapa Solos PIBIC/CNPq 2017	62

Seminário PIBIC Embrapa Solos 2016/2017

Introdução

O Seminário PIBIC Embrapa Solos 2016/2017 corresponde a um dos procedimentos de avaliação, pelo CNPq, da instituição e dos bolsistas que receberam bolsas PIBIC Institucional, no que diz respeito à gestão do Programa e desempenho dos bolsistas, respectivamente.

A seguir, cita-se parte do texto do item “Normas” - Anexo III da RN-017/2006 - Bolsas por Quota no País – com a Finalidade, Objetivos Gerais, Objetivos Específicos e Avaliação da Instituição. As informações podem ser acessadas no site http://www.cnpq.br/web/guest/view/-/journal_content/56_INSTANCE_0oED/10157/100352#rn17063.

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC - Norma Específica

Finalidade

O Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC é um programa voltado para o desenvolvimento do pensamento científico e iniciação à pesquisa de estudantes de graduação do ensino superior.

Objetivos Gerais

- a) contribuir para a formação de recursos humanos para a pesquisa;
- b) contribuir para a formação científica de recursos humanos que se dedicarão a qualquer atividade profissional; e
- c) contribuir para reduzir o tempo médio de permanência dos alunos na pós-graduação.

Objetivos Específicos

Em relação às instituições:

- a) incentivar as instituições à formulação de uma política de iniciação científica;
- b) possibilitar maior interação entre a graduação e a pós-graduação; e
- c) qualificar alunos para os programas de pós-graduação.

Em relação aos orientadores:

- estimular pesquisadores produtivos a envolverem estudantes de graduação nas atividades científicas, tecnológicas, profissionais e artístico-culturais.

Em relação aos bolsistas:

- proporcionar ao bolsista, orientado por pesquisador qualificado, a aprendizagem de técnicas e métodos de pesquisa, bem como estimular o desenvolvimento do pensar cientificamente e da criatividade, decorrentes das condições criadas pelo confronto direto com os problemas de pesquisa.

Compromissos da Instituição

Para o processo de avaliação a instituição deverá:

- a) realizar anualmente uma reunião, na forma de seminário ou congresso, onde os bolsistas deverão apresentar sua produção científica

sob a forma de pôsteres, resumos e/ou apresentações orais. O desempenho do bolsista deverá ser avaliado pelo Comitê Institucional do PIBIC com base nos produtos apresentados nesta reunião e por critérios da própria instituição;

b) publicar os resumos dos trabalhos dos bolsistas que serão apresentados durante o processo de avaliação, em livro, cd ou na página da instituição na Internet;

c) convidar o Comitê Externo para atuar na avaliação do Programa, durante o seminário.

O evento ocorreu na Embrapa Solos no dia 12 de julho de 2017 e teve a duração de 8 horas. Contou com a participação de 11 bolsistas de Iniciação Científica CNPq/PIBIC que apresentaram de forma oral, no Auditório Marcelo Nunes Camargo, suas ações de PD&I realizadas sob a orientação de pesquisadores da Embrapa Solos.

A avaliação técnica científica e comportamental dos bolsistas foi realizada pelos pesquisadores da Embrapa Solos Caio de Teves Inácio, Claudio Lucas Capeche e Alba Leonor da Silva Martins.

Comitê Organizador Científico do Seminário PIBIC

O Seminário PIBIC Embrapa Solos 2016/2017 foi organizado e realizado pelo seguinte Comitê:

Caio de Teves Inácio – Pesquisador da Embrapa Solos

Claudio Lucas Capeche – Pesquisador da Embrapa Solos

Alba Leonor da Silva Martins – Pesquisadora da Embrapa Solos

Jacqueline Silva Rezende Mattos – Analista da Embrapa Solos

Liliane de Carvalho – Analista da Embrapa Solos

Avaliadores

Caio de Teves Inácio – Pesquisador da Embrapa Solos

Claudio Lucas Capeche – Pesquisador da Embrapa Solos

Alba Leonor da Silva Martins – Pesquisadora da Embrapa Solos

Combinando insumos para a revegetação eficiente do rejeito da Barragem do Fundão, Mariana, MG⁽¹⁾

Beatriz da Silva Marinho⁽²⁾; Fabiano de Carvalho Balieiro⁽³⁾; Silvio de Lucena Tavares⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa.

⁽²⁾ Estudante de Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ. E-mail: beatrizmarinho@id.uff.br;

⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

RESUMO: O rejeito da Barragem do Fundão, que atingiu inúmeros municípios de MG e ES, impactou a paisagem e o ambiente local, com consequências sem precedentes sobre a fauna, a flora e atividades agropecuárias. Com o objetivo de propor estratégias de contenção desse rejeito, a Embrapa Solos conduziu um experimento em colunas, de condicionamento químico e físico do rejeito de forma a maximizar o crescimento vegetal. Insumos químicos e orgânicos foram testados, assim como o *topsoil* e o crescimento do capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) avaliado por 11 semanas. O crescimento em altura apresentou grande variabilidade dentro dos tratamentos. O insumo que mais influenciou a produção de biomassa da parte aérea foi o corretivo (calcário dolomítico). O *biochar* e os fertilizantes sozinhos reduziram o crescimento aéreo, comparativamente ao tratamento testemunha (somente o rejeito). As raízes se concentraram no primeiro anel da coluna, embora os condicionadores tivessem sido aplicados aos dois primeiros. As raízes de vetiver foram bastante prejudicadas pela acomodação das partículas (fração areia fina) do rejeito, que parecem induzir a hipoxia em quase todo o perfil.

Termos para indexação: remediação, barragem, vetiver.

INTRODUÇÃO

Em 5 de novembro de 2015, a Barragem do Fundão, localizada em Minas Gerais e de responsabilidade da empresa Samarco, rompeu-se, causando enormes prejuízos aos ecossistemas atingidos (Valor Econômico 19/01/2016). O acidente foi considerado um dos maiores desastres ambientais nos últimos anos no Brasil.

Oriunda da barragem, a lama de rejeito, composta basicamente de ferro e manganês, impactou diversas cidades de Minas Gerais até atingir o mar, no Espírito Santo. Seu avanço destruiu e remodelou a paisagem ribeirinha dos rios Gualaxo do Norte e Carmo, até a confluência deste com o Rio Piranga, além de atingir áreas residenciais e de grande potencial agropecuário (Relatório Técnico da Embrapa Solos, 2015).

Tendo em vista o panorama do desastre, foi proposto por este trabalho estratégias de condicionamento do rejeito visando à revegetação eficiente do substrato. Com isso, espera-se o recobrimento do material, sua contenção e a minimização do assoreamento dos cursos d'água locais.

Para tanto, este estudo utilizou uma espécie com elevada plasticidade na adaptação em ambientes diferentes e severamente degradados, o vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Robert). Essa espécie, além da enorme plasticidade, tem sistema radicular agressivo e profundo (TAVARES, 2009) podendo exercer papel essencial na contenção de sedimentos com baixa coesão, como os de Mariana. Foram testados diferentes tipos de insumos (separadamente e em combinação), como corretivo, fertilizantes, carvão vegetal parcialmente carbonizado (*biochar*) e solo de superfície (*topsoil*) no condicionamento da camada superficial de colunas de rejeito. A condução de plantas em colunas desmontáveis permite ainda estudar a distribuição do sistema radicular das plantas sob efeito dos diferentes condicionadores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Solos, durante os meses de março, abril e maio de 2017, com rejeito trazido da área afetada, em junho de 2016.

Montagem e preenchimento das colunas

Para a montagem das colunas de lixiviação, foram utilizados sete anéis de PVC de 5 cm de altura e diâmetro sobrepostos. Cada unidade experimental consistiu de seis anéis colados, sendo, o 1º anel sem preenchimento, devido à necessidade de se adicionar água de irrigação e impedir perda do material (rejeito e/ou insumo adicionado); o 2º e o 3º anéis preenchidos com os diferentes tratamentos (Tabela 1); o 4º e o 5º anéis preenchidos apenas com rejeito; e um último anel (6º) preenchido com brita e lã de vidro, de forma a permitir a drenagem da solução.

Os tratamentos foram confeccionados a partir da mistura ao rejeito de corretivo, fertilizantes, solo de superfície (*topsoil*) e biochar, conforme doses constantes na Tabela 1. Um tratamento adicional foi usado, em que apenas o rejeito fez parte do preenchimento das colunas. Esse tratamento recebeu a denominação de Testemunha Absoluta.

Todos os tratamentos foram repetidos três vezes (repetições), e o experimento foi conduzido segundo delineamento inteiramente casualizado e ao ar livre.

Plantio das mudas

Após o cuidadoso preenchimento das colunas com os tratamentos, mudas de capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Robert) foram transplantadas, e sua altura, padronizada (a partir do corte da parte aérea) em 15 cm. O comprimento do sistema radicular foi também padronizado a partir do corte próximo ao coleto.

Em seguida, com o auxílio de um tubo *falcon*, de 50 ml e 3 cm de diâmetro, foi feita uma pequena cova na superfície do rejeito e centro de cada coluna. As mudas foram transplantadas, e o material retirado foi utilizado para fixar essas mudas nas covas. Para o melhor assentamento da terra, após o replantio, foi adicionada água de irrigação, dando início ao experimento.

As colunas, com os respectivos tratamentos e mudas, ficaram expostas às condições climáticas locais (cidade do Rio de Janeiro) semelhantes durante 11 semanas (17/03 a 25/05), sendo irrigadas duas vezes na semana. Após a 11ª semana, as mudas foram cortadas na altura do substrato, e a parte aérea foi levada para estufa de ventilação forçada (65 °C/72 h) para determinação da matéria seca. Da mesma forma, mas após lavagem das raízes do substrato, foi determinado o peso seco das raízes de cada anel da coluna. A lavagem das colunas se deu com auxílio de peneira de 1 mm de malha. Testes foram realizados anteriormente de forma a se confirmar a ausência de perda de raízes pelo procedimento adotado.

Em função da proximidade de data de corte e secagem das amostras, optou-se pela apresentação dos dados baseando-se nas diferenças dos desvios-padrão entre os tratamentos, especialmente entre o Testemunha Absoluto e os demais, com diferentes condicionadores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como se pode observar na Figura 1 ao longo das 11 semanas, tendo o experimento ficado exposto às condições climáticas locais, as plantas de vetiver

apresentaram elevada variabilidade no crescimento, dentro dos tratamentos. Decorrente disso, os diferentes condicionadores parecem não alterar o crescimento do vetiver. Os tratamentos que permitiram o maior crescimento foram o Testemunha (R), R+F e R+F+Co e B+Co+Solo. Vale comentar que, nas três últimas semanas de coleta de dados, o crescimento tendeu a se estabilizar, momento em que se decidiu pelo corte das plantas. Em alguns tratamentos, foi observado ainda o surgimento de folhas secas, como no tratamento R+B+F, amareladas nas bordas, como nos tratamentos R+F+Co, e arrocheadas em suas bordas nos tratamentos R+B+F+Co.

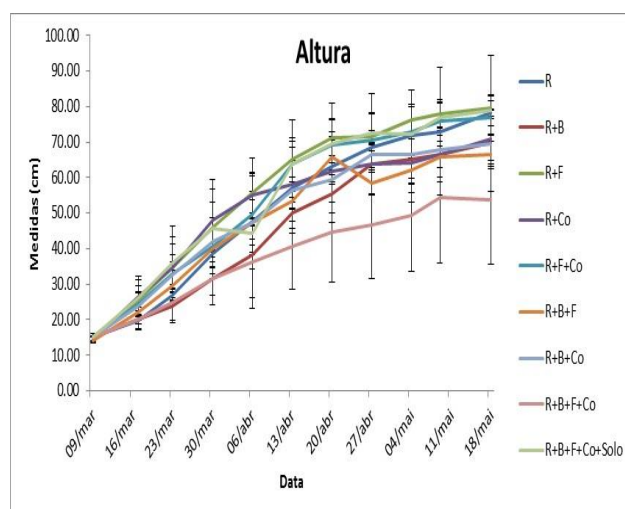


Figura 1. Altura média ($\pm$ desvio-padrão) da parte aérea do vetiver, durante 11 semanas sob rejeito e diferentes condicionadores de solo. R: rejeito; R+F: rejeito+fertilizantes; R+B: rejeito+biochar; R+Co: rejeito+corretivo; R+B+Co: rejeito+biochar+corretivo; R+B+F: rejeito+biochar+fertilizante; R+B+F+Co: rejeito+biochar+fertilizante+corretivo; R+B+Co+Solo: rejeito+biochar+corretivo+solo; R+B+F+Co+Solo: rejeito+biochar+fertilizante+corretivo+solo; R+B+Co+Solo+Solo: rejeito+biochar+corretivo+solo+solo; R+B+F+Co+Solo+Solo: rejeito+biochar+fertilizante+corretivo+solo+solo.

Com relação à produção de matéria seca de parte aérea das plantas, foi observado que nenhum condicionador propiciou incremento, em relação ao rejeito apenas. Alguns tratamentos chegaram a inibir a produção de biomassa de vetiver, como o R+F e R+B+F. O *biochar* tem sido difundido como um condicionador de solo interessante, mas seus efeitos são dependentes da forma de pirólise, dose usada e a cultura (NOVOTNY et al., 2015), talvez por isso seja interessante avaliá-lo em outras condições (dose ou mesmo procedência) nesse substrato. Por outro lado, a ausência de resposta aos fertilizantes aplicados indica que ou o rejeito atende às demandas nutricionais do capim-vetiver, pelo menos na fase inicial de crescimento, ou as reservas de nutrientes no material de propagação do capim-vetiver atendeu a tal demanda. Da mesma forma, era esperado que a presença do *topsoil* favorecesse o desenvolvimento das plantas, como demonstrado por outros autores em áreas severamente degradadas (BENDFELDT et al., 2001; REIS, 2006). Porém, vale

destacar que as chuvas e o calor excessivo podem ter influenciado a performance das plantas.

Os insumos afetaram positivamente a produção de biomassa de raízes, mas esse efeito se concentrou apenas no primeiro anel da coluna, embora os condicionadores tivessem sido aplicados nos dois primeiros anéis (Figura 3). Associando esse resultado ao fato de as raízes terem seu crescimento estimulado também na camada de drenagem, pode-se inferir que o rejeito, por meio de suas finas partículas, impedem a circulação de oxigênio no substrato.

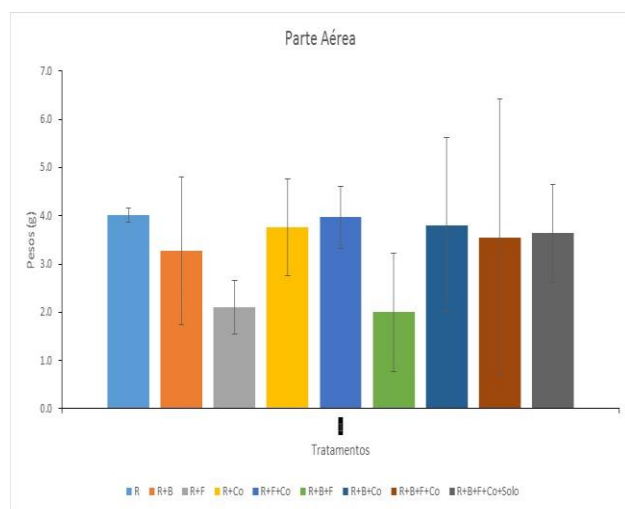


Figura 2. Biomassa da parte aérea (média $\pm$ desvio-padrão, g anel⁻¹) de plantas de vetiver submetidas a diferentes condicionadores de rejeito. R: rejeito; R+F: rejeito+fertilizantes; R+B: rejeito+biochar; R+Co: rejeito+corretivo; R+F+Co: rejeito+fertilizantes+corretivo; R+B+F: rejeito+biochar+fertilizante; R+B+Co: rejeito+biochar+corretivo; R+B+F+Co: rejeito+biochar+fertilizante+corretivo.

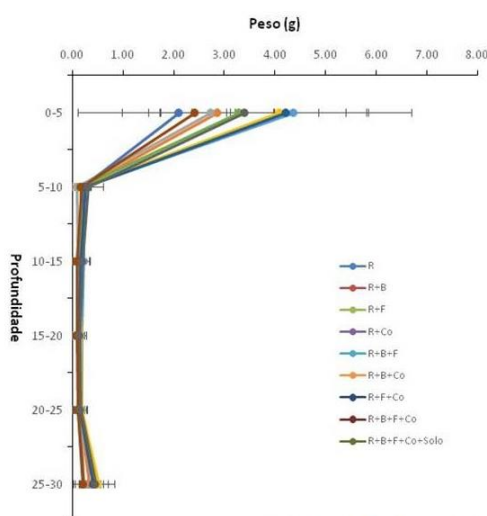


Figura 3. Biomassa seca (média $\pm$ desvio-padrão, g anel⁻¹) das raízes nas colunas. R: rejeito; R+F: rejeito+fertilizantes; R+B: rejeito+biochar; R+Co: rejeito+corretivo; R+F+Co: rejeito+fertilizantes+corretivo; R+B+F: rejeito+biochar+fertilizante; R+B+Co: rejeito+biochar+corretivo; R+B+F+Co: rejeito+biochar+fertilizante+corretivo.

CONCLUSÕES

O capim-vetiver é uma planta com performance reconhecida para revegetação de áreas severamente impactadas. Nas condições experimentais testadas e usando o rejeito de mineração de ferro de Mariana, foi observada ausência de efeito dos condicionadores usados no crescimento aéreo do vetiver.

O crescimento das raízes, porém, foi bastante afetado pela acomodação do rejeito no perfil da coluna, favorecendo a hipoxia dessa camada. Essa espécie, com aparente sensibilidade à falta de oxigênio ao substrato, pode não ser uma boa alternativa na estabilização do rejeito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao laboratório de desenvolvimento de fertilizantes da Embrapa Solos, com a doação do corretivo e fertilizantes.

REFERÊNCIAS

BENDFELDT, E.S.; BURGER, J.A.; DANIELS, L. Quality of amended mine soils after sixteen years. *Soil Science America Journal*, v. 65, n.6, p.1736-1744, 2001.

EMBRAPA SOLOS. *Embrapa Solos: relatório de gestão/atividades 2014*. Rio de Janeiro, 2015. 74 p. il. color.

Jornal Valor Econômico (19/01/2016).

<http://www.valor.com.br/opiniao/4321684/tragedia-poe-em-xeque-os-padroes-da-mineracao> (acesso em 07/07/2017).

NOVOTNY, E.H.; MAIA, C.M.B.F.; CARVALHO, M.T.M.; MADARI, B.E. BIOCHAR: PYROGENIC CARBON FOR AGRICULTURAL USE - A CRITICAL REVIEW. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2015, vol.39, n.2 [cited 2017-10-10], pp.321-344. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832015000200321&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0100-0683. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140818>.

REIS LL. *Monitoramento da recuperação ambiental de áreas de mineração de bauxita na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Porto Trombetas (PA)*. 2006, 159f. Tese (Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

TAVARES, S.R.L., 2009, Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 371pp.

Tabela 1. Caracterização e quantidade dos insumos presentes em cada tratamento proposto para o condicionamento do rejeito.

Tratamento	Rejeito	Biocarvão	Fertilizante	Corretivo
R - testemunha absoluta	Presente	-	-	-
R+B	Presente	2,5% v:v	-	-
R+F	Presente	-	350 g de P (na forma de super triplo) + 80 g de K (KCl) + 100 g de N (ureia). m ⁻³	-
R+CO	Presente	-	-	2 kg de calcário dolomítico.m ⁻³
R+B+F	Presente	2,5% v:v	350 g de P (na forma de super triplo) + 80 g de K (KCl) + 100 g de N (ureia). m ⁻³	-
R+B+CO	Presente	2,5% v:v	-	2 kg de calcário dolomítico.m ⁻³
R+F+CO	Presente	-	350 g de P (na forma de super triplo) + 80 g de K (KCl) + 100 g de N (ureia). m ⁻³	2 kg de calcário dolomítico.m ⁻³
R+Solo+B+F+CO	Presente mais solo	2,5% v:v	350 g de P (na forma de super triplo) + 80 g de K (KCl) + 100 g de N (ureia). m ⁻³	2 kg de calcário dolomítico.m ⁻³
R+B+F+CO	Presente	2,5% v:v	350 g de P (na forma de super triplo) + 80 g de K (KCl) + 100 g de N (ureia). m ⁻³	2 kg de calcário dolomítico.m ⁻³

Caracterização da matéria orgânica do solo por espectroscopia de ressonância magnética nuclear do ^{13}C para a avaliação de serviços ecossistêmicos⁽¹⁾

Catarina Mendes Rebello⁽²⁾; Etelvino Henrique Novotny⁽³⁾; Ana Paula Dias Turetta⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa – MP2 Transição Produtiva e Serviços Ambientais (Código SEG 02.12.01.035.00.04.014)

⁽²⁾ Estudante; Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro, RJ; E-mail: catarina_khoury@hotmail.com

⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

⁽⁴⁾ Pesquisadora; Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

RESUMO: A caracterização da matéria orgânica é essencial para compreensão da sua dinâmica nos sistemas agrícolas, sendo, portanto, peça fundamental na definição de manejos agrícolas sustentáveis. As frações húmicas, por refletirem as alterações antrópicas e, ao mesmo tempo, serem estáveis diante das variações espaciais e temporais de curto prazo, podem ser potenciais indicadores da qualidade do solo e dos sistemas de manejo. Destarte, foram analisadas amostras de solo de diferentes sistemas de manejo na bacia do Pito Aceso (Município de Bom Jardim, RJ) para a avaliação da qualidade da matéria orgânica. Foi utilizada como ferramenta de avaliação a espectroscopia de ressonância magnética nuclear, a qual apresentou a variação de intensidade entre os grupos funcionais presentes nas diferentes amostras de solo, indicando diferenças oriundas dos tipos de manejos do solo. Para interpretação dos dados, foi utilizada a análise multivariada por mínimos quadrados parciais.

Termos para indexação: Ácidos húmicos, análise multivariada, PLS-DA.

INTRODUÇÃO

Entre os efeitos decorrentes da degradação do solo, são de particular importância e complexidade aqueles associados à matéria orgânica, visto que alterações na quantidade e qualidade desta podem ocorrer em função das práticas de manejo do solo. A matéria orgânica do solo, embora um componente minoritário na vasta maioria dos solos, é a principal responsável pela estrutura, bom funcionamento e sustentabilidade do ecossistema (NOVOTNY, 2002).

Tendo em vista as propriedades da matéria orgânica, destacam-se efeitos na melhoria e estabilidade de agregados, diminuição de plasticidade, aumento da capacidade de retenção de água, aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e participação essencial na

respiração microbiana em determinadas espécies (LOVLEY et al., 1996; PRESTON, 1996; SCHNITZER; KHAN, 1978). Adicionalmente, a matéria orgânica é geralmente o principal sítio de sorção para agrotóxicos e metais pesados no solo (MARTIN-NETO et al. 1994; SENESI et al., 1996; WANG et al., 1990). Estima-se, ainda, que o manejo inadequado dos solos e o desmatamento são responsáveis por aproximadamente 30% do gás carbônico (CO_2) produzido na Terra com todas as consequências para o chamado efeito estufa e mudanças climáticas globais (BORIN et al., 1997).

As características da matéria orgânica são resultantes dos processos aos quais os solos foram e estão submetidos, e, por isso, vários de seus componentes podem ser utilizados como indicadores de mudança de uso do solo (DENEFF, 2007; GREGORICH, 1994; HAYNES, 2000; PARRON et al., 2015; ZHEN, L.; ROUTRAY, 2003). Partindo-se da hipótese de que as frações húmicas também refletem as alterações antrópicas e ao mesmo tempo são estáveis diante das variações espaciais e temporais de curto prazo, em comparação com alguns indicadores biológicos e bioquímicos normalmente avaliados, a caracterização dessas frações apresenta grande potencial na avaliação de alterações na qualidade do solo (NOVOTNY, 2002).

Os serviços ecossistêmicos (SE) são os benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). É possível identificar parâmetros de solo que possam potencial de atuarem como indicadores de serviços ecossistêmicos e que possam atestar melhoria na qualidade ambiental dos sistemas de produção (COSTANZA et al, 2014; COSTANZA et al, 1997). Porter et al. (2009) ressaltam que, embora os sistemas de produção agrícola, de modo geral, possam providir menos serviços ecossistêmicos por unidade de área quando comparados com outros ecossistemas, são eles que oferecem a maior oportunidade de aumentar a provisão desses serviços, por meio da adoção de práticas conservacionistas de manejo agrícola (PORTER et al. 2009). Os mesmos autores acreditam que seja

difícil promover o aumento de provisão de serviços ecossistêmicos sem incentivos à adoção de boas práticas agrícolas, dada a relevância e a proporção de terras ocupadas por essa atividade.

Esse fato demonstra a necessidade de desenvolver metodologias capazes de aferir a qualidade de sistemas agrícolas na provisão de serviços ecossistêmicos. Dessa forma, será possível diferenciar as propriedades rurais e qualificá-las em relação à condução dos sistemas de produção, o que poderia ser um critério para a adoção de políticas de incentivo à adoção de práticas agrícolas conservacionistas e pagamentos de serviços ambientais (PSA). Sendo a matéria orgânica componente fundamental nos processos ecossistêmicos do solo, o entendimento desse componente torna-se central nessa discussão.

Portanto, este trabalho objetiva a caracterização da matéria orgânica do solo sob diferentes usos, para a avaliação de SA, utilizando como método de análise a espectroscopia de ressonância magnética nuclear do ^{13}C (RMN).

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo é a bacia de Pito Aceso, no Município de Bom Jardim, localizada no Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), a qual apresenta solos típicos de um ambiente de montanha sob cobertura da Mata Atlântica (TURETTA et al., 2013). Os solos mais comuns da região são Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos, Cambissolos, Neossolos e associações entre eles (COUTINHO et al., 2006).

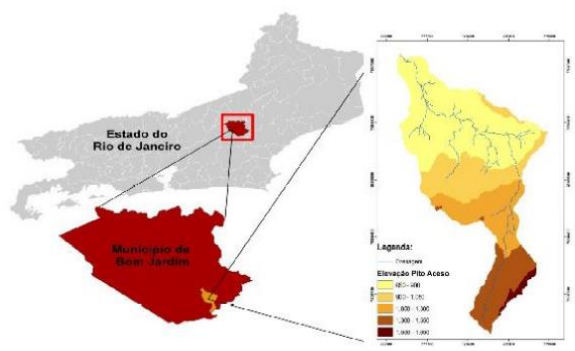


Figura 1. Localização da bacia do Pito Aceso, Município de Bom Jardim, RJ.

Na bacia do Pito Aceso, os diferentes usos da terra são condicionados às formas do relevo, isso é, as áreas de difícil acesso são as que se encontram em estado de maior preservação, enquanto nas áreas mais planas e mais próximas ao Córrego do Pito Aceso é que estão localizadas as principais áreas agrícolas (TAVORA et al., 2013).

A agricultura representa a principal atividade econômica na microbacia, apesar de não ser

predominante em termos de área. O uso com culturas anuais e perenes recobrem 13,71% da área total da microbacia do Pito Aceso (TAVORA et al., 2013).

Parte da atividade agrícola na microbacia é realizada com base no sistema de pousio. Sendo assim, são feitos a rotação e o consórcio de culturas, e o preparo do solo é realizado manualmente. Essas práticas contribuem para evitar problemas de compactação do solo e, conseqüentemente, para reduzir os processos erosivos (PRADO et al., 2009). A rotação e consórcio de culturas possibilitaram que áreas anteriormente sobre pastagem agora estejam sendo utilizadas para agricultura, possibilitando a restauração sucessional (TAVORA et al., 2013).

Sendo assim, foram estudados quatro usos, denominados de: mata, convencional, exitosa e implementada. De acordo com a definição considerada pelo projeto Transição Produtiva e Serviços Ambientais, a “mata” (área de referência) é aquela que representa a vegetação nativa da área de estudo; “convencional” é uma área onde o uso agrícola ocorre sem aplicação de técnicas conservacionistas de manejo do solo; “exitosa”, áreas agrícolas existentes que já incorporaram técnicas conservacionistas de solo e água; e “implementada”, desenho de sistemas produtivos integradas a ser implementado pelo projeto nas áreas de estudo (TURETTA et al., 2015).

Para a análise espectroscópica por RMN, é necessário a extração e purificação da matéria orgânica, sendo que, neste estudo, utilizaram-se os ácidos húmicos.

A extração dos AH foi realizada segundo método sugerido pela IHSS de solubilização em solução NaOH a 0,1 mol L⁻¹ e precipitação em pH próximo a 1.

Os ácidos húmicos assim obtidos foram analisados por espectroscopia de RMN do ^{13}C em estado sólido. Os espectros de RMN do ^{13}C foram obtidos em um espectrômetro Varian INOVA (11,74 T) nas frequências de ^{13}C e ^1H de 125,7 e 500 MHz, respectivamente. Utilizou-se a sequência de pulsos de Polarização Cruzada com Amplitude Variável. A análise foi feita no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).

Para auxiliar na interpretação dos resultados, utilizou-se a regressão por Mínimos Quadrados Parciais com Análise Discriminante (acrônimo em inglês: PLS-DA) com variáveis categóricas para os grupos Mata (1), exitosa (0) e implementada (-1). Os escores obtidos foram tratados como variáveis aleatórias e comparadas estatisticamente pelo teste multivariado T² de Hotelling ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros de RMN apresentaram sinais típicos de ácidos húmicos de clima tropical (Figura 2), que se caracterizam por apresentarem estruturas menos humificadas que aqueles extraídos de solos de clima temperado, devido à rápida ciclagem da matéria orgânica do solo em climas mais quentes (NOVOTNY et al., 2006), tais como sinais de

carboidratos (O- e di-O-alquila: região de 108 a 65 ppm), possivelmente oxidado a ácidos glucurônicos (COOR: sinal centrado em 173 ppm); metoxila da lignina e N-alquila de proteínas (65 a 46 ppm), mas há também sinais típicos de estruturas mais recalcitrantes, tais como arila (sinal centrado em 130 ppm) e possivelmente ácidos graxos (alquilas: 46-0 ppm e carboxilas: 173 ppm).

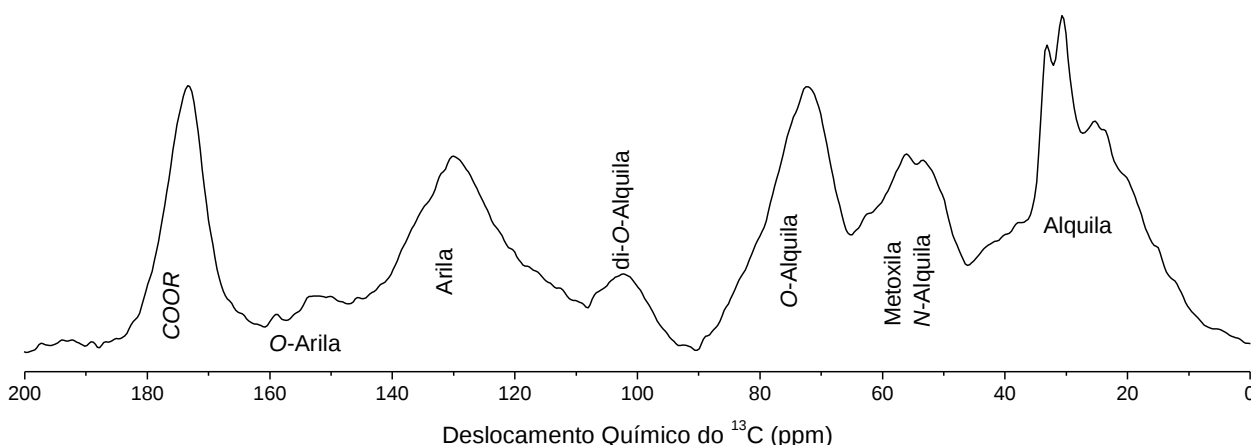


Figura 2. Espectro de Ressonância Magnética Nuclear do ^{13}C . Calculou-se a média aritmética de todas as amostras.

As duas primeiras variáveis latentes (VL), obtidas pelas análise PLS-DA, explicaram 78% da variância total dos espectros, sendo que a primeira VL (Figura 3a) diferenciou estatisticamente ($P < 5\%$, pelo teste T^2 multivariado de Hotelling) a amostra de Mata coletada à maior profundidade (80-100 cm), enquanto a VL 2 diferenciou estatisticamente ($P < 5\%$) as amostras superficiais de Mata daquelas das práticas consideradas exitosas, sendo que a amostra Anual Implementada foi estatisticamente diferente do grupo das demais áreas agrícolas consideradas exitosas.

Os carregamentos da VL 1 (Figura 3b) indicam que o que mais diferenciou a amostra Mata 80-100 cm das demais foi um maior conteúdo de estruturas aromáticas (arila), provavelmente oriundas de carvões intemperizados, parcialmente oxidados (sinal do grupo carboxila deslocado para campo mais alto: menor valor de ppm) (NOVOTNY et al., 2007), visto que pequenos fragmentos de carvão foram observados nas amostras. Além dessas estruturas, essa amostra apresentou um maior conteúdo de compostos hidrofílicos (carboidratos)

e menor de grupos hidrofóbicos, em especial hidrocarbonetos (alquilas), o que pode ser devido à menor mobilidade desses compostos no perfil do solo e lixiviação de compostos orgânicos hidrofílicos (BYRNE et al., 2010).

Por outro lado, a VL 2 (Figura 3b) foi caracterizada por carregamentos altos e negativos para estruturas lábeis, em especial lignina (metoxila e O-arila) e proteína (N-alquila), indicando que, nas amostras da Mata (0-5 cm), havia maior conteúdo dessas estruturas, seguidas pelas práticas exitosas e menor conteúdo na amostra Anual Implementada (Figura 3a). Assim sendo, as práticas exitosas tendem a produzir ácidos húmicos mais similares, porém ainda diversos ($P < 5\%$, Figura 3a) àqueles obtidos nas áreas de Mata e que a amostra Anual Exitosa já se distancia da referência mais preservada, que seria a Mata.

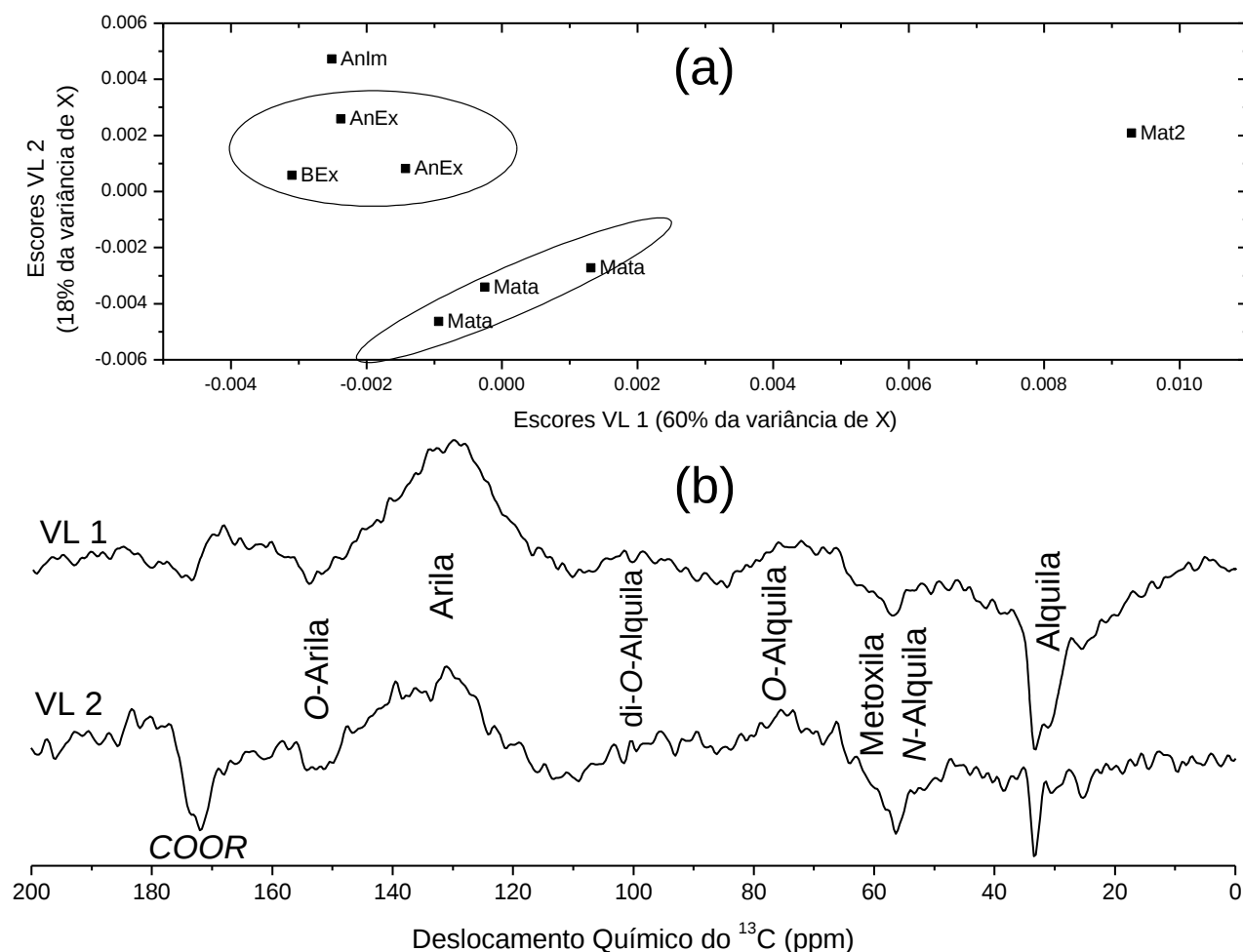


Figura 3. (a) Escores das variáveis latentes obtidas por PLS-DA, Mat2: Mata 80-100 cm; as demais são amostras superficiais (0-5 cm). BEx: Banana Exitosa; AnEx: Anual Exitosa; AnIm: Anual Implementada. As elipses são os intervalos de confiança de Hotelling a 5%. (b) Carregamentos das variáveis latentes (VL 1 e VL 2) obtidas por PLS-DA.

CONCLUSÕES

A análise pela espectroscopia de RMN possibilita uma visão dos grupos funcionais presentes no solo. Com isso, pode-se observar pela primeira variável latente uma grande concentração de compostos aromáticos arila em ambientes considerados profundos (80-100 cm), indicando uma migração de matéria orgânica dissolvida no perfil.

De acordo com a segunda variável latente, pode-se analisar um gradiente de diminuição nas estruturas lábeis das amostras, seguindo a ordem decrescente Mata (0-5 cm), Anual Exitosa e Anual Implementada. Essas estruturas são consequência da atividade microbiana, tendo seu aumento de acordo com a intensidade biológica dos microrganismos presentes no solo, e ela está diretamente relacionada com a qualidade e saúde do solo.

Os resultados apresentados são ainda iniciais, mas já demonstram um enorme potencial no avanço do conhecimento do comportamento da matéria orgânica em diferentes sistemas agrícolas e, consequentemente, no entendimento da relação entre sistemas de manejo do solo e provimento de SE.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Embrapa Solos, ao CNPq e ao CBPF pelo apoio logístico e financeiro fornecido.

REFERÊNCIAS

- BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. **Soil and Tillage Research**, v. 40, n. 3/4, p. 209-226, Jan. 1997.
- BYRNE, C. M. P.; HAYES, M. H. B.; KUMAR, R.; NOVOTNY, E. H.; LANIGAN, G.; RICHARDS, K. G.; FAY, D.; SIMPSON, A. J. Compositional changes in the hydrophobic acids fraction of drainage water from different land management practices. **Water Research**, v. 44, p. 4379-4390, 2010.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.; PARUELO, J.; RASKIN, R.; SUTTON, P. VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, May 1997.
- COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; SUTTON, P.; VAN DER PLOEG, S.; ANDERSON, S.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, p.152-158, May 2014.
- COUTINHO, H. L. da C.; PRADO, R. B.; DONAGEMMA, G. K.; POLIDORO, J. C.; GONÇALVES, A. O.; ANDRADE, A. G. de. **Qualidade de solo e água como indicadores de recuperação de áreas degradadas submetidas a manejo agroflorestral**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 38 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 100).
- DENEFF K. Microaggregate-associated carbon as a diagnostic fraction for management-induced changes in soil organic carbon in two Oxisols. **Soil Biology & Biochemistry**. 2007; 39, 5, 1165-1172,
- GREGORICH C. M. R. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**. 1994; 74, 4, 367-385.
- HAYNES R. J. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. **Soil Biology & Biochemistry**. 2000; 32, 2, 211-219.
- LOVELY D. R.; COATES J. D.; BLUNT-HARRIS E. L.; PHILIPS E. J. P.; WOODWARD J. C. Humic Substances as Electron for Microbial Respiration. **Nature**, London, 1996.
- MARTIN-NETO, L.; VIEIRA, E. M.; SPOSITO, G. Mechanism of atrazine sorption by humic acid: a spectroscopic study. **Environmental Science & Technology**, v. 28, n. 11, p. 1867-1873, Oct. 1994.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (Program). **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005. 137 p.
- NOVOTNY, E. H. **Estudos espectroscópicos e cromatográficos de substâncias húmicas de solos sob diferentes sistemas de preparo**. 2002. 215 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
- NOVOTNY, E. H.; AZEVEDO, E. R. de; BONAGAMBA, T. J.; CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. de M.; HAYES, M. H. B. Studies of the compositions of humic acids from amazonian dark earth soils. **Environmental Science & Technology**, v. 41, n. 2, p. 400-405, Jan. 2007.
- NOVOTNY, E. H.; KNICKER, H.; COLNAGO, L. A.; MARTIN-NETO, L. Effect of residual vanadyl on the spectroscopic analysis of humic acids. **Organic Geochemistry**, v. 37, n. 11, p. 1562-1572, 2006.
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; RACHWAL, M. F. G.; FRANCHINI, J. C.; FRANCISCON, L.; PORFIRIO-DASILVA, V.; BROWN, G. G. Avaliação de serviços ambientais no âmbito do projeto ServiAmbi. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 2, p. 36-46.
- PORTER, J.; COSTANZA, R.; SANDHU, H.; SIGSGAARD, I.; WRATTEN, S. The value of producing food, energy, and ecosystem services within an agro-ecosystem. **Ambio: A Journal of the Human Environment**, v. 38, n. 4, p. 186-193, 2009.
- PRADO, R. B.; BARCELLOS, T. B. C.; REGO, L. F. G.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D. Utilização de imagens de alta resolução para o mapeamento do uso e cobertura do solo na microbacia do córrego Pito Aceso - Região de Mata Atlântica - RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios**. Fortaleza: SBCS, 2009.
- PRESTON, C. M. Applications of NMR to soil organic matter analysis: history and prospects. **Soil Science**, v. 161, n. 3, p. 144-166, 1996.
- SCHNITZER, M.; KHAN, S. U. (Ed.). **Soil organic matter**. Amsterdam: Elsevier, 1978. 319 p. (Developments in soil science, 8).
- SENESI, N.; MIANO, T. M.; BRUNETTI, G. Humic-like substances in organic amendments and effects on native soil humic substances. In: PICCOLO, A. (Ed.). **Humic substances in terrestrial ecosystems**. New York: Elsevier, 1996. cap. 14, p. 531-593.
- TAVORA, G. S. G.; TURETTA, A. P. D.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B. **Mapeamento de uso e cobertura da terra de uma bacia de drenagem no Bioma Mata Atlântica com uso de imagem de alta resolução**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 25 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 229).

TURETTA, A. P. D.; ARAGAO, D. V.; VASCONCELOS, S. S.; AMARAL, A. J. do; PRADO, R. B.; SILVA NETO, L. de F. da; OLIVEIRA, A. P. de; MATTOS, L. M. de; REIS JUNIOR, F. B. dos; EVANGELISTA, B. A.; FERREIRA, E. A. B.; SILVA, O. D. D. da; FELIZZOLA, J. F.; TONUCCI, R. G.; AMARO, G. C.; ARCO-VERDE, M. F. **Seleção de indicadores de serviços ambientais no Projeto Transição Produtiva e Serviços Ambientais da Embrapa**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015. 5 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 72).

TURETTA, A. P. D.; BALIEIRO, F. de C.; FONTANA, A.; CHAGAS, C. da S.; PRADO, R. B.; CARDOSO, M. O. **Informações sobre os agroecossistemas da bacia do Pito Aceso - Município de Bom Jardim, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 15 p. (Embrapa Solos. Documentos, 165).

WANG, Z. D.; GAMBLE, D. S.; LANGFORD, C. H. Interaction of atrazine with laurentian fulvic acid: binding and hydrolysis. *Analytica Chimica Acta*, v. 232, p. 181-188, 1990.

ZHEN, L.; ROUTRAY, J. K. Operational indicators for measuring agricultural sustainability in developing countries. **Environmental Management**, v. 32, n. 1, p. 34-46, Jul. 2003.

Proposta de critérios quantitativos para a classificação do horizonte A antrópico no SiBCS

Fernanda Reis Cordeiro⁽¹⁾; Ademir Fontana⁽²⁾; Andressa Rosas de Meneses⁽³⁾; Lúcia Helena Cunha dos Anjos⁽⁴⁾; Wenceslau Geraldes Teixeira⁽²⁾

⁽¹⁾ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental; Universidade Federal Fluminense; Niterói, RJ; E-mail: fereis.cordeiro@gmail.com

⁽²⁾ Pesquisador; Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

⁽³⁾ Estudante de mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Niterói, RJ.

⁽⁴⁾ Professora titular; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

RESUMO: O horizonte diagnóstico A antrópico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS - 2013) é caracterizado de forma qualitativa e tem por definição um horizonte modificação pelo homem, normalmente por meio de adições de material orgânico e/ou mineral e contendo vestígios da ocupação humana. O objetivo deste trabalho é apresentar valores para os atributos na definição do horizonte A antrópico no SiBCS. A partir da coletânea de trabalhos, artigos e teses com a caracterização de perfis de horizontes antrópicos no Brasil, foi organizada uma base de dados com a morfologia e atributos físicos e químicos dos solos antrópicos denominados de Terras Pretas de Índio e Sambaquis. Foram compiladas informações de 65 perfis, totalizando 180 sub-horizontes antrópicos. Com a definição de valores quantitativos dos atributos e das características chaves para a identificação de solos antrópicos, são propostos os seguintes critérios: i) espessura ≥ 20 cm; cor (úmida) com valor ≤ 4 e croma ≤ 3 ; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \geq 2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; $\text{C org} \geq 6,0 \text{ g kg}^{-1}$ e $\text{P} \geq 30 \text{ mg kg}^{-1}$ ou ii) atender ao critério de espessura, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e as seguintes inequações: $\Sigma[(\text{P} \times \text{espessura dos sub-horizonte Au}) / \text{espessura total do horizonte A antrópico}] \geq 50 \text{ mg kg}^{-1}$; $\Sigma[(\text{C org} \times \text{espessura do sub-horizonte Au}) / \text{espessura total do A antrópico}] \geq 10,0 \text{ g kg}^{-1}$.

Termos para indexação: atributos químicos, classificação, horizontes A antrópicos.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um sistema de classificação de solos requer muitas informações referentes à morfologia e atributos químicos e físicos. Desta forma, a apresentação de critérios quantitativos com limites definidos apresenta-se como preponderante na divisão ou estabelecimentos de classes nos diferentes níveis categóricos.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) está permanentemente sendo desenvolvido e validado. Diversas discussões vêm sendo feitas para sua evolução, principalmente as relacionadas à

revisão de atributos diagnósticos, horizontes diagnósticos, definição e composição das classes em todos os níveis categóricos.

O horizonte A antrópico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos se enquadra nos horizontes diagnósticos superficiais. É um horizonte formado pela intervenção humana pré-histórica, como as culturas pré-colombianas e sambaquis. Essa modificação ocorreu por meio da deposição de fragmentos de cerâmicas, artefatos líticos, restos de ossos, conchas e restos de alimentos nos solos ocupados por esses povos (SANTOS et al., 2013).

A ocorrência de horizontes A antrópico no Brasil é observado em solos da Amazônia, as Terras Pretas de Índio e, próximos às regiões costeiras, os chamados Sambaquis. Além de serem importantes para os estudos arqueológicos das populações antigas, esses solos despertam o interesse para os estudos morfológicos, químicos e físicos, tendo em vista que são horizontes diagnósticos.

No que confere à classificação desses horizontes no atual SiBCS, a definição apresenta parâmetros apenas qualitativos; contudo, embora seja grande a variação dos parâmetros quantitativos como $\text{Ca} + \text{Mg}$, P disponível e C org , estes diferenciam-se daqueles sem influência antrópica, conforme as avaliações de trabalhos de Campos et al. (2011), Corrêa (2007), Cunha (2005), Cunha et al. (2007), Kern e Kämpf (1989), Lima (2001) e Melo (2002).

A definição de valores quantitativos dos atributos e das características chaves possibilita, juntamente aos critérios qualitativos existentes, uma melhor definição do horizonte diagnóstico A antrópico. Diante disso, o objetivo deste trabalho é apresentar valores para os atributos na definição do horizonte A antrópico no SiBCS.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho, foi realizada uma pesquisa para levantamentos de trabalhos, teses e artigos de diferentes regiões do Brasil que apresentam perfis

de solos Antrópicos. Foi utilizado como palavras-chave na pesquisa eletrônica: solos antrópicos, terra preta de índio, horizontes A antrópico, sambaquis.

A partir dessa coletânea de trabalhos, foi feita uma planilha eletrônica onde foram compiladas todas as informações dos perfis a contar com descrição geral, descrição morfológica e dados analíticos de cada perfil de solo. A descrição geral foi composta pelas classes dos solos, horizontes, localização, espessura dos horizontes, dentre outros dados relevantes. Nos dados analíticos se concentraram as caracterizações físicas e químicas de todos os horizontes do perfil de solo, tais como, granulometria (areia grossa, areia fina, silte e argila), C org e C total, pH (água e KCl), cátions trocáveis (Ca, Mg, K, Na, Al, H) e fósforo disponível.

Foram excluídos os dados de horizontes com teores de carbono orgânico maiores ou iguais a $80,0 \text{ g kg}^{-1}$, dado o limite previsto no SiBCS para a definição de material mineral.

A avaliação dos dados e os padrões dos perfis foram feitos por meio de estatística descritiva ou pela dispersão dos valores em gráfico. Os critérios diagnósticos definidos após a avaliação dos padrões foram elaborados em forma de texto conforme normas e regras do SiBCS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram compiladas informações de 65 perfis de solos antrópicos descritos no Brasil, totalizando 180 horizontes Au. Os principais atributos avaliados foram aqueles que mais se destacaram nos horizontes antrópicos em comparação a outros solos, tais como: espessura, cor (valor e croma), cálcio + magnésio ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), fósforo (P) e Carbono orgânico (C org).

No complexo sortivo, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ teve valor médio de $9,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, mediana de $8,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e uma variação de 0,1 a $26,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Tabela 1). Para os teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ foram obtidas a média e a mediana respectivamente de 11,7 e $9,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valor máximo de $42,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e valor mínimo de $0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Verificou-se que 86,2 % dos horizontes possui $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \geq 2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e 77,17 % dos horizontes possui $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \geq 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo Ca^{+2} predominante em ambos os casos.

Os teores de Al^{3+} nos horizontes tiveram valor médio de $0,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, mediana de $0,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e uma variação de 0,0 a $1,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Para os teores de Al^{3+} em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, teve-se uma variação de 0,0 a 3,4 e média e mediana de respectivamente 0,2 e $0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A grande maioria dos horizontes, isto é, mais 80% apresentaram teores menores que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Os teores de P disponível variou entre 11 e 3921 mg kg^{-1} com média e mediana de 578 mg kg^{-1} e 190 mg kg^{-1} , respectivamente. Em relação ao P disponível em mg dm^{-3} obteve-se variação de 5 a 7905, média e mediana respectivamente de 988 mg dm^{-3} e 266 mg dm^{-3} . Do total de horizontes A, 85,7% possui $P \geq 30 \text{ mg kg}^{-1}$ e 95,4% possui $P > 30 \text{ mg dm}^{-3}$.

Os teores de C org tiveram uma variação de 1,40 a $79,50 \text{ g kg}^{-1}$, com média de $26,89 \text{ g kg}^{-1}$ e mediana de $21,20 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que 84,3% dos horizontes possuem C org $> 6,00 \text{ g kg}^{-1}$.

Quanto à cor úmida, o Valor teve uma variação de 2 a 6, uma média de 3 e com mediana de 3. Verificou-se que 85% dos horizontes possuem valor ≤ 4 . Para os valores de croma, obteve-se uma variação de 0 a 6, com média de aproximadamente 2 e mediana de 2. Verificou-se que 90,4% dos horizontes possuem croma ≤ 3 .

A espessura total do(s) horizonte(s) antrópico(s) variou entre 18 cm e 200 cm, sendo que houve muitos registros de horizontes enterrados.

CONCLUSÕES

A definição quantitativa dos atributos e das características chaves para a identificação de solos antrópicos possibilita, juntamente aos critérios qualitativos já existentes, uma melhor definição do horizonte diagnóstico A antrópico no SiBCS.

Diante dos padrões analisados, são propostos os seguintes critérios quantitativos para o horizonte A antrópico: i) espessura $\geq 20 \text{ cm}$; cor (úmida) com valor ≤ 4 e croma ≤ 3 ; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \geq 2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; C org $\geq 6,0 \text{ g kg}^{-1}$ e $P \geq 30 \text{ mg kg}^{-1}$ ou ii) atender ao critério de espessura, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e as seguintes inequações: $\Sigma[(P \times \text{espessura dos sub-horizonte Au}) / \text{espessura total do horizonte A antrópico}] \geq 50 \text{ mg kg}^{-1}$; $\Sigma[(C \text{ org} \times \text{espessura do sub-horizonte Au}) / \text{espessura total do A antrópico}] \geq 10,0 \text{ g kg}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

- CORRÊA, G.R. Caracterização Pedológica de Arqueo-antropossolos no Brasil: Sambaquis da região dos lagos (RJ) e Terras Pretas de índio na região do baixo Rio Negro/Solimões (AM). Viçosa, 2007. 115 f. Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. de M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. de O.; TROMPOWSKY, P. M.; SANTOS, G. de A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). *Acta Amazonica*, Manaus, v. 37, n. 1, p. 91-98, 2007.
- CUNHA, T.J.F. Ácidos Húmicos de Solos Escuros da Amazônia (Terra Preta do Índio). 2005. 139pp. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

KERN, D. C.; KÄMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 13, p. 219-225, 1989.

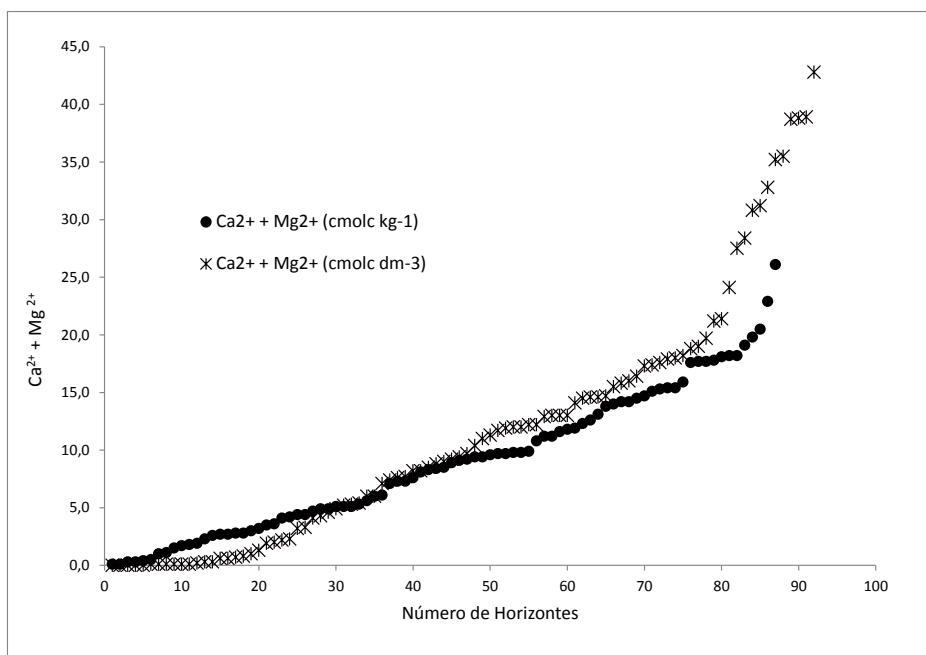
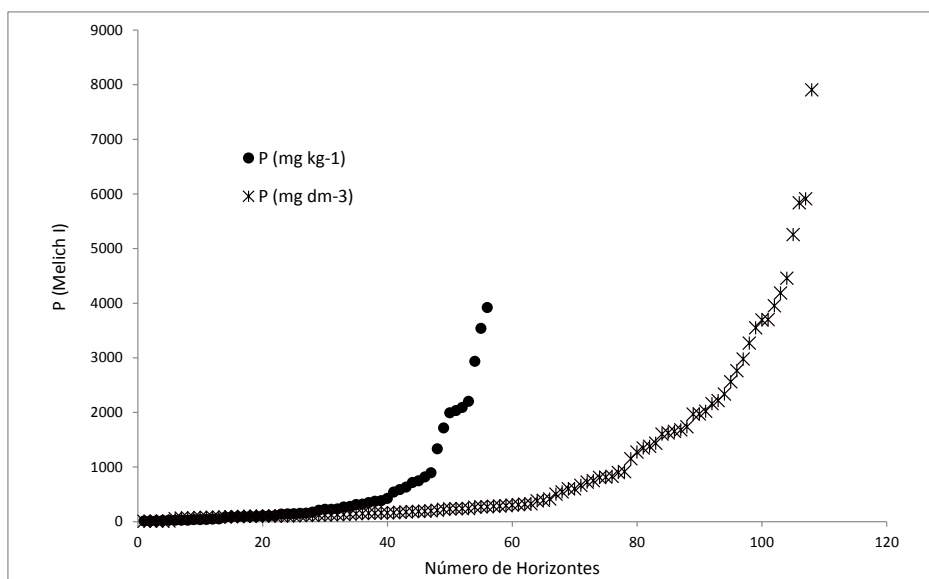
LIMA, H.N. Gênese, Química, Mineralogia e Micromorfologia de Solos da Amazônia Ocidental. Viçosa, 2001. 176p. Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

MELO, V.F. Solos e Indicadores de Uso Agrícola em Roraima: Áreas Indígena Maloca do Flechal e De Colonização do Apiaú. Viçosa, 2002. 145p. Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

Tabela 1. Estatística descritiva dos principais atributos dos solos antrópicos.

Parâmetros	Média	Mediana	Modo	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Cor úmida - Valor	3	3	3	1	2	6
Cor úmida - Croma	2	2	1	1	0	6
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	9,0	8,5	0,1	6,1	0,1	26,1
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	11,7	9,6	0,1	10,7	0,0	42,8
Al ³⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	1,1
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,2	0,0	0,0	0,6	0,0	3,4
P (Melich I) (mg kg ⁻¹)	578	190	26	902	11	3921
P (Melich I) (mg dm ⁻³)	988	266	9	1492	5	7905
Carbono (W & B) (g kg ⁻¹)	26,89	21,20	6,00	21,73	1,40	79,50

**Figura 1.** Teores de Ca²⁺ + Mg²⁺ nos horizontes antrópicos.**Figura 2.** Teores de P (Melich I) nos horizontes antrópicos.

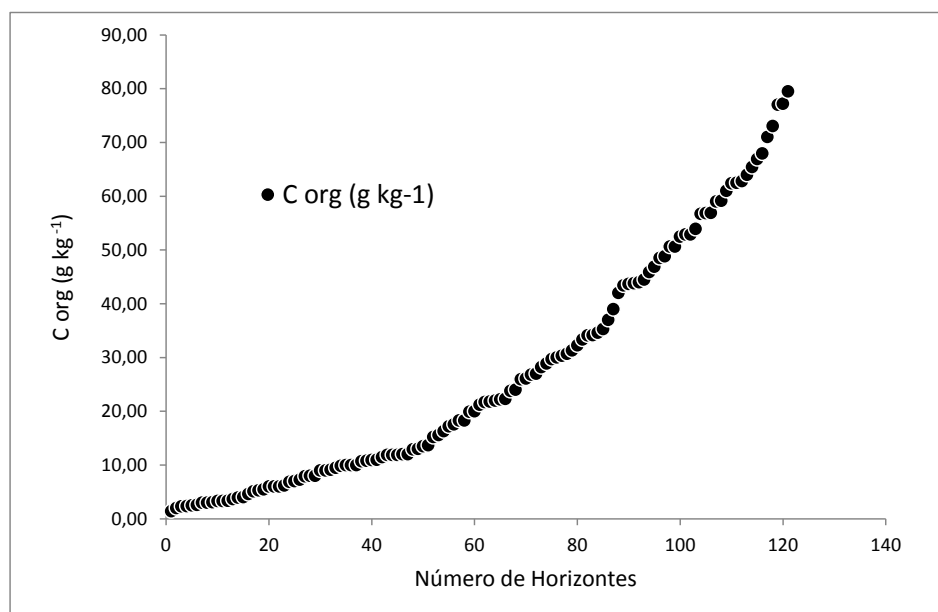


Figura 3. Teores de Corg (g kg⁻¹) nos horizontes antrópicos.

Predição e mapeamento de atributos do solo utilizando sensores proximais⁽¹⁾

Hugo Machado Rodrigues⁽²⁾; Gustavo Mattos Vasques⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos dos projetos Embrapa MP3 03.12.10.002.00.00 e CNPq Universal 479077/2013-4

⁽²⁾ Geógrafo, graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental; Universidade Federal Fluminense; Niterói, RJ; E-mail: hugomr@id.uff.br;

⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

RESUMO: O objetivo foi avaliar o uso *in situ* de sensores proximais para prever e mapear cinco atributos do solo em uma área de 3,4 ha em Seropédica, RJ. Foram definidos 105 pontos amostrais em malha uniforme de 20 m x 20 m, acrescidos de 25 pontos para validação externa. Nesses 130 pontos, foram medidos em laboratório os teores de argila, carbono orgânico, ferro e umidade e a capacidade de troca catiônica a partir de amostras de solo coletadas a 0-10 cm, e medidas por sensores proximais *in situ*, na superfície do solo, a susceptibilidade magnética (SM), condutividade elétrica aparente (CEa) e os teores de tório (eTh) e urânio (eU) equivalentes. Foram comparadas duas abordagens de mapeamento: 1) krigagem ordinária (KO) dos cinco atributos do solo a partir dos seus valores observados; e 2) regressão-krigagem (RK), compreendendo a predição dos atributos em função dos dados de sensores, seguida da krigagem dos valores preditos dos atributos. Os modelos de predição lineares dos atributos obtiveram R^2 ajustado de até 0,73 (argila), sendo que a SM e o eTh foram as variáveis preditoras mais importantes. Os mapas dos atributos obtidos por RK foram muito similares àqueles obtidos por KO, tanto nos padrões espaciais gerados quanto na incerteza quantificada a partir dos 25 pontos de validação externa. Isso significa que os dados de sensores obtidos rapidamente *in situ* permitem gerar mapas de atributos do solo, de mais difícil e demorada medição em laboratório, com ganho de eficiência e sem perda de qualidade nos mapas.

Termos para indexação: geoestatística, pedometria, sensoriamento proximal do solo.

INTRODUÇÃO

Por facilitarem a aquisição de grande quantidade de dados, com relativo baixo custo e tempo, os sensores proximais do solo são instrumentos eficientes e com grande potencial para auxiliar na caracterização detalhada e mapeamento dos solos e seus atributos. Por exemplo, Mahmood et al. (2013), utilizando um sensor gamarradiométrico portátil em uma fazenda experimental de 4 ha na

Holanda, encontraram modelos preditivos com coeficientes de determinação (R^2) de até 0,60 para o teor de argila, 0,59 para pH e 0,65 para o teor de carbono orgânico (CO) do solo na profundidade de 0-15 cm. Sudduth et al. (2013) encontraram R^2 de 0,92 na predição da profundidade até a camada adensada (*claypan*), ou início do horizonte B textural (*argillic horizon*), do solo utilizando sensores de condutividade elétrica aparente (CEa) em uma área de 12 ha no Missouri, EUA.

Por outro lado, no Brasil, ainda são incipientes os estudos usando sensores proximais diretamente no campo (*in situ*), citando-se o trabalho de Rodrigues e Vasques (2017), que compararam krigagem ordinária e krigagem universal para mapear atributos do solo na mesma área de estudo do presente trabalho, e o trabalho de Oldoni e Bassoi (2015) de delineamento de zonas de manejo a partir de um sensor de CEa, em uma área de 1,6 ha cultivada com videira em Petrolina, PE.

O objetivo foi avaliar o uso *in situ* de dois sensores proximais para prever e mapear cinco atributos físicos e químicos do solo medidos em laboratório. Os objetivos específicos foram: 1) Prever os teores de argila, carbono orgânico, ferro e umidade e a capacidade de troca catiônica do solo, medidos em laboratório, em função da susceptibilidade magnética, condutividade elétrica aparente e teores de tório e urânio equivalentes, medidos *in situ* por sensores; 2) Mapear esses atributos, comparando a krigagem a partir dos seus valores observados com a krigagem a partir dos valores preditos por sensores; e 3) Comparar a qualidade dos mapas gerados, por meio de validação externa.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo possui aproximadamente 3,4 ha e está localizada em uma fazenda experimental no Município de Seropédica, RJ (Figura 1). Foi estabelecida uma malha amostral de 20 m x 20 m, constituída de 7 transetos longitudinais à topossequência com 15 pontos em cada um, perfazendo 105 pontos. Além desses, 25 pontos foram alocados, para fins de validação externa dos

mapas produzidos, utilizando o método do hipercubo latino condicionado (MINASNY; MCBRATNEY, 2006), totalizando 130 pontos.

Nos 130 pontos amostrais, foram medidas, na superfície do solo, a susceptibilidade magnética (SM) e a CEa do solo usando o sensor KT-10 S/C (Terraplus Inc., Richmond Hill, Canadá) e os teores de tório (eTh) e urânio (eU) equivalentes, usando o espectrômetro de raios gama RS-230 BGO (Radiation Solutions Inc., Mississauga, Canadá). Além disso, amostras de solo a 0-10 cm foram coletadas e analisadas em laboratório para medição dos teores de argila, ferro (Fe), CO e umidade e da capacidade de troca catiônica (CTC), segundo Donagema et al. (2011). Os valores de Fe são apresentados em unidades de Fe_2O_3 .

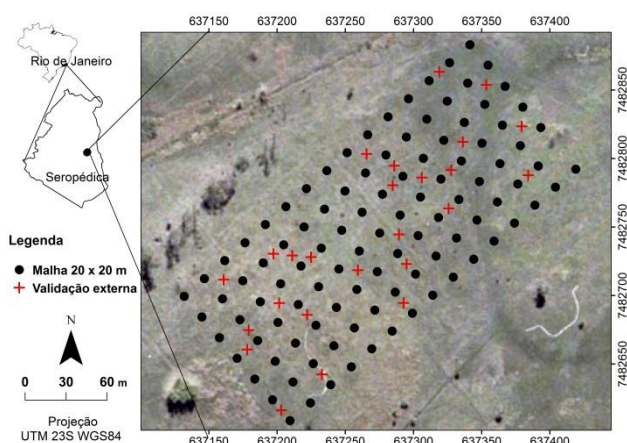


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo e delineamento amostral.

Foram transformadas para logaritmo as variáveis SM e CEa, medidas por sensores, e o Fe medido em laboratório. Ajustaram-se modelos lineares para os cinco atributos medidos em laboratório em função das propriedades do solo medidas *in situ* pelos sensores proximais. Para isso, todas as combinações possíveis das variáveis CEa, SM, eTh e eU foram testadas, utilizando a função *regsubsets* presente no pacote *leaps* (LUMLEY, 2017) do programa R (R CORE TEAM, 2015). Como critério para escolha do melhor modelo preditivo, utilizou-se o R^2 ajustado.

Para mapeamento dos atributos medidos em laboratório, foram comparadas duas abordagens: 1) krigagem ordinária (KO) a partir dos seus valores observados; e 2) regressão-krigagem (RK), compreendendo a predição dos atributos em função dos dados de sensores, conforme descrito acima, seguida da krigagem dos seus valores preditos. Os semivariogramas foram ajustados manualmente usando o modelo esférico e os mapas foram gerados com tamanho de pixel de 1 m.

A avaliação da qualidade dos mapas foi feita por validação externa calculando-se o erro médio (EM) e a raiz do erro quadrado médio (REQM) a partir das 25 amostras de validação. As análises geoestatísticas foram feitas no programa R usando o pacote gstat (PEBESMA, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas das variáveis do solo e os R^2 ajustados dos modelos de predição são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente, enquanto os modelos de predição selecionados para cada atributo encontram-se na Tabela 3. O modelo de predição que obteve R^2 ajustado mais elevado foi o do teor de argila (0,73), seguido do da umidade e do Fe, todos eles utilizando as variáveis predictoras $\log(\text{SM})$, eTh e eU, enquanto os modelos do CO e CTC com maior R^2 ajustado (0,36 e 0,33, respectivamente) usaram $\log(\text{SM})$ e eTh. Isso mostra que a combinação de dados obtidos por diferentes sensores (eTh e SM) melhora a qualidade dos modelos de predição. Por outro lado, a inclusão do eU nos modelos de predição da argila, umidade e Fe melhorou muito pouco o R^2 ajustado em relação aos modelos somente com $\log(\text{SM})$ e eTh. Nesse sentido, somente se optou por usar os modelos com eU porque ele é medido junto com o eTh no campo, sem exigir esforço extra de medição.

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos do solo medidos em laboratório e propriedades medidas *in situ* por sensores proximais.*

Variável	Mín	Máx	Média	Mediana	DP
Argila (g kg^{-1})	20	380	176	160	93
Fe (g kg^{-1})	10	84	29	27	14
CO (g kg^{-1})	3,7	28	11,3	11,4	3,8
CTC ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	2,6	12,9	6,9	6,9	2,0
Umid ($\% \text{ v v}^{-1}$)	4,2	31,7	15,4	15,6	5,6
SM (10^{-3} SI)	0,0	3,8	0,4	0,2	0,5
CEa (S m^{-1})	0,0	4,9	1,2	0,8	1,1
eTh (ppm)	0,0	13,9	6,3	5,8	2,8
eU (ppm)	0,5	3,4	1,3	1,2	0,4

* Mín, mínimo; Máx, máximo; DP, desvio padrão.

O eTh foi a variável preditora com maior correlação com os atributos do solo, seguido da SM (vide primeiras quatro linhas da Tabela 2). Por outro lado, nenhum modelo utilizando a CEa como variável preditora foi selecionado como melhor, ainda que a sua correlação com os atributos do solo seja maior do que a do eU.

Tabela 2. Coeficientes de determinação (R^2) ajustados dos modelos de predição, com os melhores modelos, para cada atributo, indicados em negrito e itálico.

Variáveis predictoras	Argila	CO	log(Fe)	CTC	Umid
log(SM)	0,25	0,13	0,24	0,14	0,28
log(CEa)	0,15	0,05	0,16	0,09	0,17
eTh	0,67	0,34	0,44	0,30	0,50
eU	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01
log(SM), log(CEa)	0,26	0,12	0,25	0,14	0,28
log(SM), eTh	0,71	0,36	0,50	0,33	0,57
log(SM), eU	0,25	0,14	0,24	0,14	0,27
log(CEa), eTh	0,68	0,34	0,47	0,31	0,53
log(CEa), eU	0,15	0,05	0,16	0,08	0,17
eTh, eU	0,71	0,34	0,48	0,29	0,53
log(SM), log(CEa), eTh	0,71	0,36	0,50	0,32	0,57
log(SM), log(CEa), eU	0,25	0,13	0,25	0,14	0,28
log(SM), eTh, eU	0,73	0,36	0,52	0,32	0,58
log(CEa), eTh, eU	0,71	0,33	0,50	0,30	0,55
log(SM), log(CEa), eTh, eU	0,73	0,35	0,52	0,31	0,58

Tabela 3. Modelos de predição selecionados para cada atributo do solo.

Atributo	Modelo
Argila	$80,68 + 16,21 \times \log(\text{SM}) + 25,83 \times \text{eTh} - 36,68 \times \text{eU}$
log(Fe)	$2,97 + 0,11 \times \log(\text{SM}) + 0,10 \times \text{eTh} - 0,17 \times \text{eU}$
CO	$7,36 + 0,62 \times \log(\text{SM}) + 0,72 \times \text{eTh}$
CTC	$5,10 + 0,43 \times \log(\text{SM}) + 0,36 \times \text{eTh}$
Umid	$11,40 + 1,42 \times \log(\text{SM}) + 1,18 \times \text{eTh} - 1,58 \times \text{eU}$

Os semivariogramas ajustados aos valores originais para fins de KO tiveram maior alcance do que aqueles ajustados aos valores preditos para fins de RK, exceto os da umidade (**Tabela 4**), sendo os maiores alcances observados para o teor de argila (261 m e 371 m, respectivamente). Os outros parâmetros do semivariograma não tiveram diferenças consistentes (aumento ou diminuição) entre os semivariogramas dos valores originais e preditos dos diferentes atributos.

Os padrões de distribuição espacial obtidos por RK a partir dos valores preditos dos atributos são bastante similares àqueles obtidos por KO a partir dos valores originais (**Figura 2**). Os maiores valores de todos os atributos encontram-se na parte sudoeste do mapa, na parte mais elevada da área de estudo, e, secundariamente, no extremo norte da área de estudo. Os menores valores estão presentes na parte central do mapa, onde está

localizada uma encosta com solos mais arenosos.

Tabela 4. Parâmetros de ajuste dos semivariogramas dos atributos do solo a partir dos valores originais e preditos, respectivamente.

Atributo	Efeito pepita	Patamar	Efeito pepita/patamar	Alcance (m)
Valores originais				
Argila	430	13430	0,03	261
log(Fe)	0,03	0,28	0,11	181
CO	7,0	19,5	0,36	240
CTC	2,08	4,48	0,46	190
Umid	8,5	33,3	0,25	208
Valores preditos				
Argila	1400	11400	0,12	371
log(Fe)	0,02	0,16	0,13	240
CO	1,4	6,9	0,20	260
CTC	0,3	1,9	0,18	240
Umid	3,5	22,5	0,16	240

Os índices de incerteza dos mapas, calculados a partir das 25 amostras de validação externa, foram similares entre os mapas obtidos por RK, a partir dos valores preditos dos atributos em função dos dados de sensores, e aqueles obtidos por KO, a partir dos valores originais (**Tabela 5**). Ou seja, os dados de sensores, de mais rápida e fácil medição no campo, permitem, via RK, mapear os cinco atributos do solo, de mais difícil e demorada medição em laboratório, obtendo praticamente a mesma acurácia nos mapas gerados.

Tabela 5. Índices de incerteza, obtidos por validação externa, dos mapas de atributos do solo produzidos por krigagem ordinária e regressão-krigagem, respectivamente.*

Atributo	EM		REQM	
	KO	RK	KO	RK
Argila (g kg^{-1})	21	21	60	62
Fe (g kg^{-1})	7,5	8,6	14,4	16,0
CO (g kg^{-1})	1,2	1,5	2,9	3,1
CTC ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,9	0,9	1,5	1,5
Umid ($\% \text{ v v}^{-1}$)	4,1	3,9	5,8	5,9

*EM, erro médio; REQM, raiz do erro quadrado médio.

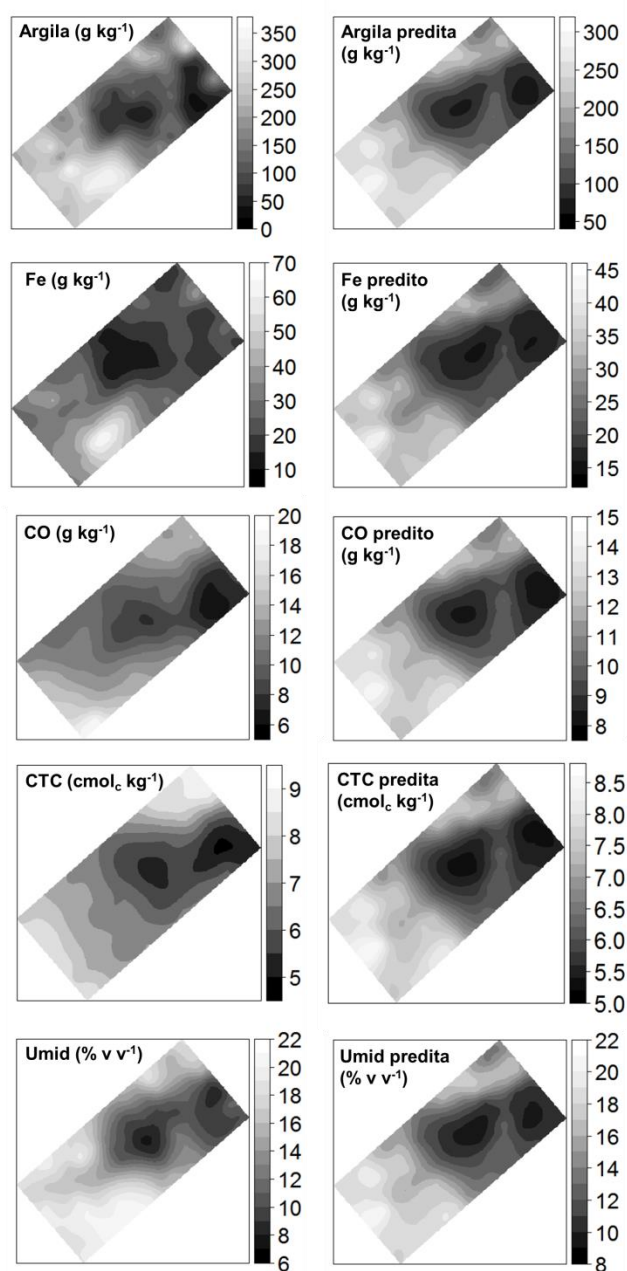


Figura 2. Mapas dos atributos do solo obtidos por krigagem ordinária a partir dos valores originais (coluna da esquerda) e por regressão-krigagem a partir dos valores preditos em função dos dados de sensores proximais (coluna da direita).

CONCLUSÕES

Os sensores proximais do solo permitem prever e mapear, via regressão-krigagem, os teores de argila, carbono orgânico, ferro e umidade e a capacidade de troca catiônica do solo, com maior eficiência e sem perda de qualidade em relação à krigagem ordinária diretamente dos valores dos atributos medidos em laboratório.

Os mapas de atributos do solo produzidos a partir dos seus valores preditos em função dos dados de sensores proximais medidos *in situ* honram os

principais padrões de variação espacial dos atributos, conforme os mapas obtidos via krigagem dos seus valores observados.

Os resultados mostram o potencial dos sensores proximais do solo para o mapeamento indireto de atributos do solo que requerem a coleta de amostras no campo e sua análise em laboratório, as quais constituem etapas laboriosas e demoradas do mapeamento de atributos do solo.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa e ao CNPq pelo suporte financeiro e às equipes dos respectivos projetos pelo apoio e incentivo. O primeiro autor agradece à Embrapa Solos e ao CNPq pelo apoio financeiro via bolsa de iniciação científica (PIBIC) número 144933/2016-0.

REFERÊNCIAS

- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).
- LUMLEY, T. **Leaps**: Regression Subset Selection. R package version 3.0. 2017. (Based on Fortran code by Alan Miller)
- MAHMOOD, H. S.; HOOGMOED, W. B.; VAN HENTEN, E. J. Proximal gamma-ray spectroscopy to predict soil properties using windows and full-spectrum analysis methods. **Sensors**, v. 13, n. 12, p. 16263-16280, 2013.
- MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. **Computers & Geosciences**, v. 32, n. 9, p. 1378-1388, Nov. 2006.
- OLDONI, H.; BASSOI, L. H. Delineamento de zonas de manejo com base na condutividade elétrica aparente de solo arenoso. In: SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4., 2015, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2015.
- PEBESMA, E. J. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. **Computers & Geosciences**, v. 30, n. 7, p. 683-691, Aug. 2004.
- R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2015.
- RODRIGUES, H. M.; VASQUES, G. M. Integração de sensores geofísicos e geoestatística para mapear atributos do solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017.
- SUDDUTH, K. A.; MYERS, D. B.; KITCHEN, N. R.; DRUMMOND, S. T. Modeling soil electrical conductivity-depth relationships with data from proximal and penetrating EC_a sensors. **Geoderma**, v. 199, p. 12-21, May 2013.

Uso de espectrômetro de fluorescência de raios X portátil (pXRF) para avaliação de teores de titânio (Ti) em amostras de solo ⁽¹⁾

Júlia do Nascimento Pereira Nogueira⁽²⁾; Wenceslau Geraldes Teixeira⁽³⁾; Gustavo M. Vasques⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

⁽²⁾ Estudante; Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Bolsista Pibic; Rio de Janeiro, RJ; E-mail: julia_18nogueira@hotmail.com

⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

RESUMO: Os espectrômetros de fluorescência de raios X vêm sendo utilizados para determinar teores totais de elementos químicos em amostras de rocha, plantas e solos. Algoritmos automáticos permitem detectar a presença e os teores dos elementos químicos nas amostras. Análises de teores de titânio em amostras de solos são tradicionalmente realizadas em laboratórios de solos. O uso de equipamentos de menor potência e portáteis (pXRF), na avaliação de amostras de solo, ainda é pouco estudado. O objetivo deste trabalho foi comparar os teores totais de titânio em amostras de solo. Inicialmente foi feita a avaliação dos teores totais de Ti em amostras de solos certificadas (NIST) com dois algoritmos. Posteriormente, foram avaliadas diferentes formas de preparo nas estimativas dos teores desse elemento em amostras de um Latossolo Argissolo Amarelo, A antrópico. Esses resultados foram comparados com valores de ICP – OES e ICP – MS. Há diferenças entre os teores de Ti estimados pelos algoritmos. Há efeito de concentração quando há peneiramento sem moagem da amostra. De forma global, foi observada boa precisão e acurácia nas estimativas de Ti em amostras de solo.

Termos para indexação: Geofísica, ICP-OES, ICP-MS

INTRODUÇÃO

A espectroscopia de fluorescência de raios X é uma técnica analítica onde raios X são usados para excitar os átomos dos elementos presentes nas amostras em análise. Os elementos atingidos pelos raios X primários liberam raios X secundários (efeito da fluorescência) que podem ser detectados e analisados. A presença e a quantificação dos elementos presentes numa amostra são relacionadas com a posição e a intensidade do pico em função da energia aplicada. O uso de equipamentos de menor potência e portáteis (pXRF), e com preparo mínimo em amostras de solo, ainda é pouco estudado (SÖDERSTRÖM et al., 2016; WEINDORF et al., 2014). As principais vantagens do pXRF são a rapidez, relativa

facilidade de manuseio do equipamento no campo e no preparo das amostras no laboratório. Não há alteração das propriedades características das amostras, que poderão ser utilizadas em outras análises. A redução de resíduos químicos gerados na abertura das amostras para determinação de teores totais também é uma das vantagens. Amostras de solo são matrizes compostas de vários elementos em diferentes concentrações, o que torna complexa a quantificação precisa dos elementos componentes (MELQUIADES; APPOLONI, 2004; WEINDORF et al., 2014). Na avaliação de amostras de solos, a heterogeneidade das amostras quanto a teores, tamanho e textura das partículas, além da presença de ar e água influenciam os resultados (KALNICKY; SINGHVI, 2001; MELQUIADES et al., 2011).

O Ti no solo geralmente compõe os minerais rutilo e anastásio (MACEDO, 2014). Ker et al. (1993) propuseram o uso dos resultados de dióxido de titânio (TiO₂) para diferenciar alguns Latossolos. Como normalmente os teores de Ti em solo são descritos na forma de dióxido de titânio (TiO₂) visando utilizar esses valores para classificar os solos estudados (KER et al., 1993), é possível obter os teores de TiO₂ pela multiplicação dos teores de Ti por 1,67.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de Ti em amostras de solo utilizando pXRF com dois algoritmos automáticos e preparo mínimo das amostras (método do pó solto). Além disso, a partir dessa avaliação, comparar esses resultados.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram avaliadas utilizando um pXRF Innov-X DP-6000 Delta Premium Handheld XRF Analyzer (Olympus, EUA), sendo as amostras escaneadas por 180 segundos, em triplicata, com pequena variação da área avaliada por meio da movimentação das amostras. O pXRF utilizado tem algoritmos de calibração internos denominados modos “Soil” e “Geochem”. O elemento de interesse foi o Titânio (Ti), cujo limite de detecção é 7-15 ppm.

A concentração é dada em %. Foram realizados dois estudos: o primeiro teve como objetivo verificar o efeito dos algoritmos Geochem e Soil nas estimativas de Ti em amostras certificadas. Foram utilizadas para este experimento três amostras de solos certificadas do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologias (NIST, do inglês *National Institute of Standards e Technology*), que apresentam teores de Ti certificados (Tabela 1). Os solos padrões utilizados foram: a) NIST Montana I 2710 A, b) Montana 2711 A e c) São Joaquim 2709 (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, 2017). As amostras foram previamente prensadas. O NIST 2710 A também foi analisado pelo método do pó solto. O segundo estudo teve como objetivo verificar o efeito do peneiramento sem a moagem e a comparação dos valores obtidos de amostras com preparo mínimo (peneiramento com malha de 2 mm e de 0,15 mm) com as estimativas de teores totais avaliadas por métodos padrão. Foram selecionadas seis amostras de solo provenientes de um Argissolo Amarelo textura média, com A antrópico, localizado em Iranduba, AM (Tabela 2) no Campo Experimental do Caldeirão. Essas amostras foram preparadas no modo tradicional de análises de solos para fins de fertilidade do solo, que consiste da secagem ao ar e peneiramento em malha de 2 mm, denominada de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Neste estudo, parte da fração (< 2 mm) foi novamente destorroada em gral de ágata e peneirada em malha de 0,15 mm, com descarte do material retido. As amostras foram adicionadas nas tampas de pequenos tubos plásticos (Falcon de 15 mL), com leve prensagem manual, sendo a leitura no pXRF feita com escaneamento das amostras por 180 segundos em triplicata. As estimativas dos teores de Ti foram realizadas nos modos Geochem e Soil de forma independente. As amostras foram também analisadas quanto aos teores de Ti por espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP – OES) e espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente (ICP – MS). A digestão das amostras foi realizada com água régia invertida. Essas análises foram realizadas no Laboratório Geosol em Belo Horizonte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação das amostras certificadas, os teores de Ti foram superestimados no modo Soil em duas das três amostras analisadas, com recuperação entre 90% e 109%. No modo Geochem, houve uma subestimativa, com recuperação dos valores certificados entre 90% e 96% (Tabela 1).

Para as comparações com os resultados de ICP foram utilizados somente os resultados de ICP –

OES, dado que os resultados de ICP-MS parecem subestimar os teores de Ti. Macedo (2014), avaliando teores de Ti em perfis deste mesmo local, encontrou valores de Ti de cerca de 1,0% avaliando também com XRF em amostras fundidas.

Observou-se efeito de concentração ao comparar os valores de Ti medidos em amostras de diferentes malhas. Isso ocorre devido ao descarte do solo retido após a passagem pela malha de 0,15 mm, uma vez que não houve moagem (**Tabela 2**). Os desvios padrões foram baixos nos dois algoritmos, indicando boa precisão (repetitividade) das avaliações e a relativa homogeneidade do preparo, dado que as amostras foram movidas entre as repetições. A média de recuperação dos teores de Ti em comparação com os dados avaliados por ICP – MS foi de 109 no Geochem e 116 no Soil. A variação da acurácia provavelmente se deve a interferências na interpretação dos picos de intensidade pelos algoritmos e à presença de picos espúrios ou picos muito próximos (pile-up) que cria interferências e dificulta sua quantificação (MCLAREN et al., 2011; NEIVA; DRON, 2008). A heterogeneidade de elementos numa amostra de solo torna extremamente complexas estimativas precisas dos teores; portanto, estudos com necessidade de grande acurácia exigem calibrações específicas e verificação manual dos picos de intensidade dos elementos nos diferentes feixes avaliados. Previamente a este experimento, nós utilizamos, sem sucesso, diferentes filmes plásticos para a cobertura das amostras, o que causou interferências de interpretação, levando a resultados negativos, quando os valores determinados nos diferentes plásticos testados eram subtraídos dos resultados obtidos com o plástico + amostra. A dificuldade com o uso de filmes plásticos para a cobertura das amostras nas avaliações com pXRF foi também relatada por Kilbride et al. (2006). Para eliminar esse efeito, foi feita uma adaptação no suporte do equipamento, e as leituras atualmente são feitas com o feixe vindo de cima para baixo.

Está em curso a implementação de uma rotina com a definição de testes estatísticos para avaliação do procedimento de leitura do pXRF com as amostras certificadas e comparação com os valores de leituras em métodos tradicionais (ICP).

CONCLUSÕES

A avaliação dos teores de Ti em amostras de solos certificadas apresentou uma recuperação de 90% a 109% dos valores certificados.

O preparo das amostras em peneiras deverá ser precedido de moagem para que toda a amostra passe pela malha.

O pXRF pode ser utilizado com boa precisão e relativa acurácia nas estimativas de teores de Ti em amostras de solo com os algoritmos Soil e Geochem.

Há necessidade de estudos para a implementação de algoritmos e de calibrações específicas para amostras de solo.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro da Embrapa (Projeto MP3 03.12.10.002.00.00) e ao CNPq pela bolsa de IC para a primeira autora do trabalho.

REFERÊNCIAS

- KALNICKY, D. J.; SINGHVI, R. Field portable XRF analysis of environmental samples. **Journal of Hazardous Materials**, v. 83, n. 1/2, p. 93-122, May 2001.
- KER, J. C.; MOTTA, P. E. F. da; RESENDE, M.; CARVALHO FILHO, A. de; ARAUJO, W. S. Elementos traços em Latossolos Roxos desenvolvidos de diferentes materiais de origem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Cerrados: fronteira agrícola no século XXI: resumos**. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. v. 2, p. 319-320.
- KILBRIDE, C.; POOLE J.; HUTCHINGS, T. R.. A comparison of Cu, Pb, As, Cd, Zn, Fe, Ni and Mn determined by acid extraction/ICP-OES and ex situ field portable X-ray fluorescence analyses. **Environmental Pollution**. v. 143, p. 16-23, 2006.
- MACEDO, R. S. Pedogênese e indicadores pedoarqueológicos em Terra Preta de Índio no município de Iranduba-AM. 2014. 185 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- MCLAREN, T. I.; GUPPY, C. N.; TIGHE, M. K.; FORSTER N.; GRAVE, P.; LISLE, L. M. Rapid, nondestructive total elemental analysis of vertisol soils using portable X-ray fluorescence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, n. 4, p. 1436-1445, 2011.
- MELQUIADES, F. L.; APPOLONI, C. R. Application of XRF and field portable XRF for environmental analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 262, n. 2, p. 533-541, Nov. 2004.
- MELQUIADES, F. L.; BASTOS, R. O.; BIASI, G. E. V.; PARREIRA, P. S.; APPOLONI, C. R. Granulometry and moisture influence for in situ soil analysis by portable EDXRF. **AIP Conference Proceedings**, v. 1351, n. 1, p. 317-320, 2011.
- NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (Estados Unidos). **Certificate of Analysis Standard Reference Material® NIST 2017a, NIST 2017b, NIST 2019**. Disponível em: <<https://www.nist.gov/>>. Acesso em: 10 maio 2017.
- NEIVA, A. C.; DRON. J. 2008. Caracterização de bens culturais por espectroscopia de fluorescência de raios X. **Revista CPC**, p. 188-197, 2008.
- SÖDERSTRÖM, M.; ERIKSSON, J.; ISENDAHL, C.; SCHAAN, D. P.; STENBORG, P.; REBELLATO, L.; PIIKKI, K. Sensor mapping of Amazonian Dark Earths in deforested croplands. **Geoderma**, v. 281, p. 58-68, Nov. 2016.
- WEINDORF, D. C.; BAKR, N.; ZHU, B. Advances in portable X-ray fluorescence (PXRF) for environmental, pedological, and agronomic applications. **Advances in Agronomy**, v. 128, p. 1-45, 2014.

Tabela 1. Avaliação dos teores de Ti em amostras de solos certificadas (NIST) nos módulos de interpretação *Geochem* e *Soil* usando Fluorescência de Raios X portátil (pXRF)*.

Amostra / NIST	Geochem	Soil
----- Ti [%] -----		
Montana 2 – 2711 A **	0,287 ± 0,010	0,289 ± 0,002
Valores certificados	0,317 ± 0,008	
São Joaquim – 2709 A **	0,321 ± 0,010	0,341 ± 0,002
Valores certificados	0,336 ± 0,007	
Montana 1 – 2710 A **	0,279 ± 0,010	0,327 ± 0,002
Método Pó Solto	-----	0,337 ± 0,05
Valores certificados	0,311 ± 0,007	

* O equipamento pXRF utilizado foi um Delta Premium Olympus com tubo de Ródio e tempo de leitura de 180 segundos.

** Amostras prensadas em formato de pastilha.

Tabela 2. Análises de teores totais de Ti em amostras de solos avaliadas com fluorescência de raios X, peneiradas em malha de 2 mm e 0,15 mm e com ICP – OES / MS.

Módulo/ Malha	Geochem	Soil
mm	-----Ti [%] -----	
Argissolo Amarelo A antrópico (Terra Preta de Índio) – Iranduba – AM – Coleta 0-20 cm – Prot.2235		
2,00	1,00 ± 0,02	1,12 ± 0,01
0,15	1,31 ± 0,02	1,68 ± 0,01
ICP - OES / MS	0,77 / 0,01	
Argissolo Amarelo A antrópico (Terra Preta de Índio) – Iranduba – AM – Coleta 20-40 cm – Prot. 2236		
2,00	0,98 ± 0,02	1,07 ± 0,01
0,15	1,13 ± 0,02	1,64 ± 0,01
ICP - OES / MS	0,78 / 0,02	
Argissolo Amarelo A antrópico (Terra Preta de Índio) – Iranduba – AM – Coleta 60-80 cm - Prot. 2238		
2,00	0,99 ± 0,02	1,24 ± 0,01
0,15	1,02 ± 0,02	1,53 ± 0,01
ICP - OES / MS	0,85 / 0,02	
Argissolo Amarelo A antrópico (Terra Preta de Índio) – Iranduba – AM – Coleta 0-20 cm – Prot. 2300		
2,00	1,07 ± 0,02	1,25 ± 0,01
0,15	1,59 ± 0,02	2,12 ± 0,01
ICP - OES / MS	1,48 / 0,02	
Argissolo Amarelo A antrópico (Terra Preta de Índio) – Iranduba – AM – Coleta 20-40 cm – Prot. 2301		
2,00	1,09 ± 0,02	1,28 ± 0,01
0,15	1,39 ± 0,02	1,94 ± 0,01
ICP - OES / MS	1,54 / 0,03	
Argissolo Amarelo A antrópico (Terra Preta de Índio) – Iranduba – AM – Coleta 60-80 cm – Prot. 2303		
2,00	0,95 ± 0,02	1,25 ± 0,01
0,15	1,22 ± 0,02	1,70 ± 0,01
ICP - OES / MS	1,26 / 0,03	

Zoneamento cartográfico de solos na região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros: levantamento, recuperação e organização da base de dados de perfis de solos⁽¹⁾

Karolina Esther da Silva⁽²⁾; Joaquim Pedro de Santana Xavier⁽³⁾; Flávio Adriano Marques⁽⁴⁾; José Coelho de Araújo Filho⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa.

⁽²⁾ Estudante; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife, PE; E-mail: karolinasilva.ks88@gmail.com.

⁽³⁾ Estudante; Universidade Federal de Pernambuco; Recife, PE; E-mail: joaquimpedro05@gmail.com.

⁽⁴⁾ Pesquisador; Embrapa Solos, Recife, PE. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

RESUMO: O presente trabalho trata da organização de informações de perfis de solos visando à espacialização dos Geoambientes dos Tabuleiros Costeiros e áreas adjacentes (PA2) no contexto do Projeto GeoTab (05.14.05.002.00.00) em andamento. O objetivo é organizar um acervo de dados morfológicos e analíticos de perfis de solo selecionados e atualizar a classificação taxonômica dos perfis de solos conforme a edição atual do SiBCS. A fonte de informação dos perfis de solos são os Boletins Técnicos e de Pesquisa da Embrapa, dissertações, teses, entre outras publicações. Os dados estão sendo armazenados num formato padrão digital. Os resultados contribuirão para construção de um banco de dados do Projeto GeoTab, para adicionar informações no banco de dados de solos do Brasil. Foi possível acessar, digitalizar e atualizar a classificação taxonômica de 104 perfis selecionados no Estado da Bahia. Entre esses perfis, foi verificado que cinco solos constituem classes novas no quarto nível categórico do SiBCS. Foi enviado um resumo “Classes de solos ainda não catalogadas no SiBCS” para divulgação de resultados no XXXVI CBCS em Belém (PA).

Termos para indexação: geoambientes, banco de dados, SiBCS.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho faz parte das atividades da organização das informações de solos e espacialização dos Geoambientes dos Tabuleiros Costeiros e áreas adjacentes (PA2) inseridas no contexto do Projeto GeoTab, em andamento, (Organização e disponibilização da informação geoespacial sobre recursos naturais e aspectos socioeconômicos da área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros – (05.14.05.002.00.00).

A região abrange a faixa costeira (restingas, tabuleiros costeiros e áreas adjacentes) desde o Estado da Bahia até o Ceará (**Figura 1**) com uma

área em torno de 225.000 km². Essa região passa por diferentes condições climáticas, topográficas, pedológicas e geológicas (DANTAS, 1980; DANTAS et al., 1986; MOLION; BERNARDO, 2002; SILVA et al., 1993; SILVA et al., 2001) ao longo da costa do Nordeste do Brasil. Por isso, é importante o seu zoneamento, visando, sobretudo, orientar as ações de pesquisa, uso, manejo e conservação das terras da referida região.

Este trabalho busca organizar um banco de dados de perfis de solos, demandado pelo Projeto GeoTab, almejando: (a) a delimitação dos diferentes geoambientes que integram a região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros; (b) viabilizar informações para interpretações técnicas diversas, principalmente as agrícolas; (c) contribuir para o planejamento de novos levantamentos de solos; (d) e, sobretudo, dar suporte nas ações de planejamento de pesquisas, uso, manejo e conservação das terras, entre outros.

Devido à falta de informações organizadas em mídia digital, foi concebido o presente estudo com o objetivo de recuperar, organizar, digitalizar e atualizar a classificação taxonômica de perfis de solos existentes na região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros.

MATERIAL E MÉTODOS

A principal fonte de informação de perfis de solos para a execução deste trabalho advém, sobretudo, dos mapeamentos de solos realizados pela Embrapa na região Nordeste do Brasil (ARAÚJO FILHO et al., 2000; JACOMINE et al., 1972, 1973, 1975a; 1975b; 1977-1979; SANTANA et al., 2002), assim como de projetos de dissertações (OLIVEIRA, 2007), teses (CARVALHO, 2011; SOUZA, 2013), RCC (Reuniões de Classificação e Correlação de solos) (REUNIÃO..., 1995), de guias de excursão técnica de congressos (CONGRESSO..., 1989), entre outros estudos.

A estratégia de acesso, recuperação, classificação taxonômica, armazenamento e divulgação das informações de perfis de solo está sendo realizada conforme a seguir:

1) O primeiro passo é selecionar os perfis de solos representativos na área de estudo contando com o apoio de mapas de solos e tendo como referência as coordenadas geográficas ou a descrição do local onde o perfil de solo foi amostrado. As coordenadas dos perfis de solo estão sendo digitadas em planilha eletrônica e depois são importadas para o QGIS/ArcGIS. No caso de perfis de solos sem coordenadas, estas serão estimadas conforme sua descrição de localização na paisagem.

2) A segunda etapa é digitar os dados morfológicos e analíticos dos perfis de solos selecionados em um formulário padrão adequado, conforme Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2015).

3) A terceira fase é interpretar as informações morfológicas e analíticas dos perfis de solo e proceder a classificação taxonômica dos solos conforme o SiBCS (SANTOS et al., 2013).

4) Em seguida, com base nas coordenadas (disponíveis ou estimadas) dos perfis, estes são localizados em um SIG (QGIS/ArcGIS), conforme procedimentos de trabalho vigentes no laboratório de geoprocessamento da Embrapa Solos – UEP Recife.

5) Por último, as informações organizadas irão servir de base para preparar resumos e publicações para congressos, simpósios, seminários, etc. em conformidade com as normas dos eventos.

O produto final deste trabalho será uma base de dados de perfis de solo organizada em um SIG para atender demandas, sobretudo, do projeto GeoTab, por intermédio do seu PA2 e também servirá para suprir informações ao banco de dados de solos do Brasil. Estima-se que serão recuperadas informações da ordem de 300 a 500 perfis de solos no contexto da área de estudo do GeoTab com cerca de 225.000 km².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase inicial dos trabalhos, foram muitas informações a serem entendidas no concernente aos dados morfológicos e analíticos dos perfis de solo e, principalmente, para compreender a fazer o uso do SiBCS (SANTOS et al., 2013).

O principal resultado alcançado foi a seleção, digitalização e organização de 104 perfis de solos

representativos para o Projeto GeoTab no Estado da Bahia (Figura 2). A principal fonte de informação dos perfis foi o Boletim Técnico (nº 52) relativo ao mencionado estado (JACOMINE et al., 1977).

Os perfis selecionados foram digitalizados com a classificação taxonômica dos solos atualizada (Figura 2) conforme o SiBCS (SANTOS et al., 2013). Ao realizar a classificação taxonômica dos solos, foi constatado que cinco perfis constituem classes novas no quarto nível categórico do SiBCS. Isso significa dizer que este estudo também contribuirá para o aperfeiçoamento do mesmo. Essa descoberta motivou e viabilizou a elaboração de um resumo intitulado “Classes de solos ainda não catalogadas no SiBCS” para divulgação de resultados no XXXVI CBCS em Belém (PA).

A construção dessa base de dados, atualmente, com 104 perfis de solos do Estado da Bahia, para uso em Sistemas de Informação Geográfica, será essencial para o atingimento das metas do projeto GeoTab.

A digitalização de informações e a vetorização de mapas de solos da Bahia no ArcGIS/QGIS também foram concluídas.

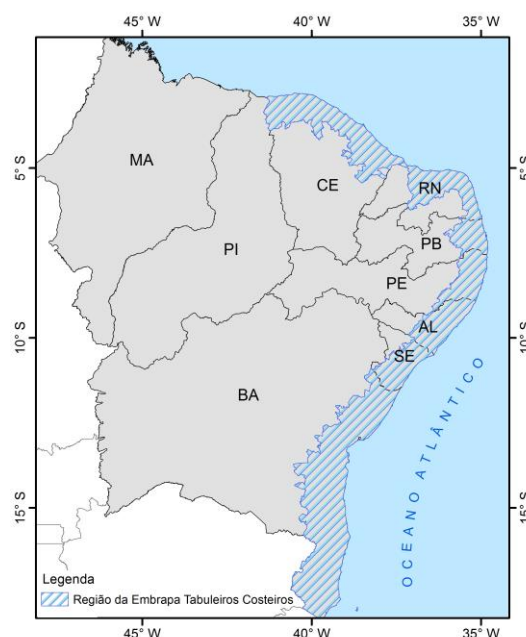


Figura 1. Localização da área de estudo no Nordeste do Brasil (parte tracejada).

CONCLUSÕES

No contexto do projeto GeoTab, que reúne pesquisas e estudos baseados em tecnologias geoespaciais, a continuidade e finalização deste projeto, em andamento, é essencial para suprir

informações ao banco de dados de perfis de solos do projeto GeoTab e do País.

As informações advindas deste estudo em pauta, com 104 perfis de solos digitalizados e atualizados do ponto de vista da classificação taxonômica, possibilitam conhecer melhor as potencialidades e limitações dos solos representativos da região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros e dos diversos geoambientes que integram a referida região.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa pelo apoio técnico e logístico e ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J. C. de; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B. da; MEDEIROS, L. A. R.; MELO FILHO, H. F. R. de; PARAHYBA, R. da B. V.; CAVALCANTI, A. C.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, F. B. R. e; LEITE, A. P.; SANTOS, J. C. P. dos; SOUSA NETO, N. C. de; SILVA, A. B. da; LUZ, L. R. Q. P. da; LIMA, P. C. de; REIS, R. M. G.; BARROS, A. H. C. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 378 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa, 11).
- CARVALHO, V. S. de. **Caracterização e classificação de Espodosolos nos estados de Pernambuco e Paraíba**. 2011. 119 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22., 1989, Recife. **Guia de excursão**. Recife: SBSC; EMBRAPA-SNLCS-Frente Regional Nordeste, 1989. 72 p. Editado por Paulo Klingner T. Jacomine, Luiz Bezerra de Oliveira, Antonio Cabral Cavalcanti.
- DANTAS, J. R. A.; CALHEIROS, M. E. V.; TORRES, A. G.; BRITO NEVES, B. B.; BARBOSA, L. M.; BITENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUES, J. M. L.; MARTIN, L. **Mapa geológico do Estado de Alagoas**: texto explicativo. Brasília, DF: MME-DNPM, 1986. 90 p. (DNPM. Série Mapas e Cartas de Síntese, 2; Seção Geologia, 2).
- DANTAS, J. R. A. **Mapa geológico do Estado de Pernambuco**: texto explicativo. Recife: DNPM, 1980.
- JACOMINE, P. K. T.; ALMEIDA, J. C.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife: SUDENE-DRN; Brasília, DF: MA-Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 2 v. (MA-DNPEA. Boletim técnico, n. 28; SUDENE-DRN. Série pedologia, n. 16).
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; PESSÔA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Alagoas**. Recife: EMPBRAPA-CPP, 1975a. 532 p. (EMBRAPA-CPP. Boletim técnico, 35; SUDENE-DRN. Série Recursos de solos, 5).
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. B. R. e; MONTENEGRO, J. O.; FORMIGA, R. A.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H. F. R. de. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco Estado da Bahia**. Recife: EMBRAPA-SNLCS; SUDENE-DRN, 1977-1979. 2 v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim técnico, 52; SUDENE-DRN. Série Recursos de solos, 10).
- JACOMINE, P. K. T.; MONTENEGRO, J. O.; RIBEIRO, M. R.; FORMIGA, R. A. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Sergipe**. Recife: EMBRAPA-CPP, 1975b. 506 p. (EMBRAPA-CPP. Boletim técnico, 36; SUDENE-DRN. Série Recursos de solos, 6).
- JACOMINE, P. K. T.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; SILVA, A. P. da; MELO FILHO, H. F. R. de. I. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, EPE, 1972. 683 p. (DNPEA. Boletim técnico, 15; SUDENE. Série Pedologia, 8).
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.
- OLIVEIRA, A. P. de. **Pedogênese de Espodosolos em ambientes da formação Barreiras e de restinga do sul da Bahia**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 4., 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 157 p.
- SANTANA, S. O. de; SANTOS, R. D. dos; GOMES, I. A.; JESUS, R. M. de; ARAÚJO, Q. R. de; MENDONÇA, J. R.; CALDERANO, S. B.; FARIA FILHO, A. F. **Solos da região sudeste da Bahia**: atualização da legenda de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. Não paginado. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 16).
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SILVA, F. B. R. e; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C. de; BRITO, L. T. de L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, A. B. da; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA-CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2 v. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 80).

SILVA, F. B. R. e; SANTOS, J. C. P. dos; SILVA, A. B. da; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. da B. V.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SOUSA NETO, N. C. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LOPES, O. F.; LUZ, L. R. Q. P. da; LEITE, A. L.; SOUZA, L. de G. M. C.; SILVA, C. P. da; VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos - UEP Recife: Governo do Estado de Pernambuco - Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária, 2001. (Embrapa Solos. Documentos; 35).

SOUZA, R. V. C. C. de. **Tomografia computadorizada de raios-X de solos coesos dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Alagoas**. 2013. 142 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

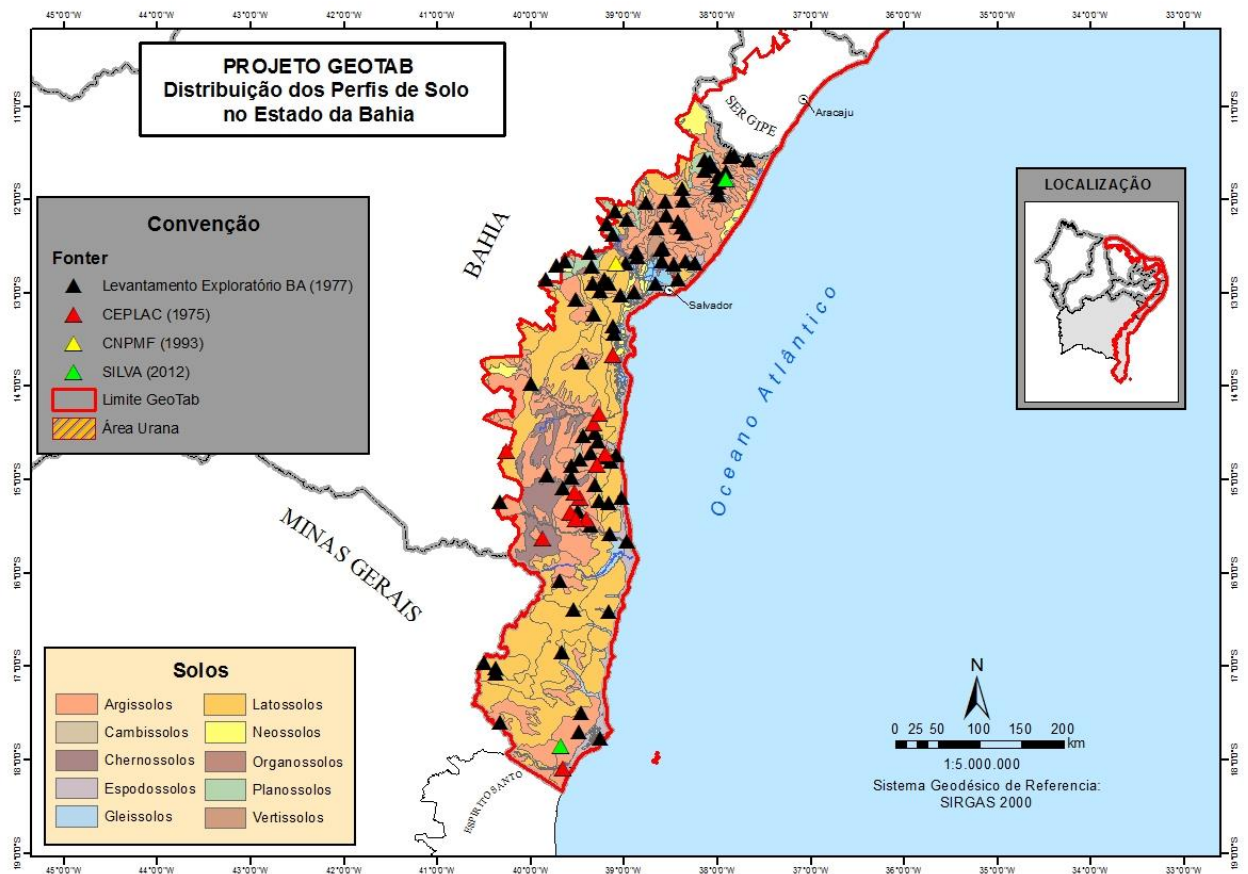


Figura 2. Distribuição dos perfis de solo selecionados na região de atuação do Projeto GeoTab, no Estado da Bahia.

Dinâmica de uso da terra e mapeamento de sistemas culturais em escala regional por sensoriamento remoto: contribuição da linguagem 'R' no desenvolvimento de soluções tecnológicas⁽¹⁾

Margareth Simões⁽²⁾; Leonara Alves⁽³⁾; Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa.

⁽²⁾ Pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

⁽³⁾ Bolsista Pibic/CNPq Embrapa, estudante de Estatística da Universidade Federal Fluminense (UFF). E-mail: alves_leonara@yahoo.com.br

RESUMO: Este artigo descreve uma metodologia para a classificação sistemática do uso e cobertura do solo em escala regional, fundamentada na análise multitemporal de sequências de imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), que apresenta alta frequência temporal. Uma sequência de procedimentos automatizados foi desenvolvida para o pré-processamento de dados desse sensor e para o treinamento e execução de um algoritmo de classificação supervisionada. Nesse algoritmo, ajustam-se curvas polinomiais aos dados temporais MODIS, e então se computam atributos descritivos dos padrões temporais de cada ponto, reduzindo-se assim a dimensionalidade dos dados, e aumentando a sua interpretabilidade. Um estudo de caso foi realizado no Tocantins e Mato Grosso, a fim de avaliar a capacidade da metodologia para a discriminação entre áreas de agricultura, pastagem e cerrado para toda a região de estudos, além de seu potencial para a identificação de áreas de desflorestamento. Um aprimoramento da metodologia vem sendo realizado, com o intuito de qualificar as mudanças de uso, a fim de compreender as conversões de uso e caracterizar sistemas culturais e Sistemas Integrados de Produção (ILP), visando subsidiar o monitoramento do Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Os algoritmos desenvolvidos nesta metodologia de avaliação de dinâmica de uso do solo estão sendo convertidos em linguagem 'R', por sua vastidão do ecossistema de pacotes e sua extensibilidade, além de oferecer funcionalidades ricas para desenvolvedores projetarem suas próprias ferramentas e métodos para a análise de dados.

Termos para indexação: Mudança de uso da terra e cobertura do solo; dados MODIS; plano ABC.

INTRODUÇÃO

As atividades socioeconômicas inerentes ao processo de desenvolvimento alicerçado na exploração dos recursos naturais sob o paradigma

de modelos não sustentáveis têm gerado drásticas transformações na estrutura e funcionalidade dos ecossistemas terrestres. Diversas são as formas antropogênicas de alteração das paisagens e ecossistemas associados gerando impactos ambientais que variam em magnitude, duração e abrangência espacial. Contudo, entre as atividades antrópicas, a agricultura e a pecuária se notabilizam pela rápida e abrangente transformação da estrutura da paisagem e alteração funcional dos ecossistemas naturais. As atividades de exploração florestal, pecuária e agricultura promovem marcantes alterações na paisagem devido à inerente capacidade de promover sensíveis mudanças de uso da terra e da cobertura do solo, cuja dinâmica espaço-temporal se expressa em padrões de larga escala geográfica e em ciclos de média a longa duração. De fato, a intensificação e expansão da agricultura, nas escalas regional e global, têm acarretado, nas últimas décadas, alterações ambientais em magnitude e taxas sem precedentes. Por força da pressão de uso do solo no meio rural, a transformação da paisagem se evidencia, por meio de uma perspectiva espacial, pelos mosaicos relacionados às mudanças de uso da terra e cobertura do solo que emergem da complexa interdependência dos condicionantes físico-bióticos e fatores humanos em uma dada região territorial.

Nesse sentido, este trabalho objetiva apresentar um procedimento metodológico desenvolvido a partir do projeto GEOABC, a partir de métricas desenvolvidas no Projeto INRIA (CNPQ/INRIA). A principal motivação foi desenvolver alguns algoritmos para permitir que as mudanças de uso e os desmatamentos pudessem ser identificados de forma automatizada e com baixo custo, por meio do uso de dados MODIS, cuja distribuição gratuita e a alta resolução temporal viabilizaram o sucesso dos estudos de mudança de uso de solo, nas áreas do Cerrado Brasileiro. A metodologia Enviar foi aplicada na Bacia do Alto Taquari, MS, na região de Rio Verde, GO, e no Estado do Mato Grosso como um todo. A partir desses resultados, verificou-se a necessidade de não somente mapearem-se as

mudanças de uso ou desmatamentos, mas também qualificá-las, compreendendo os processos que levam à conversão de uso do solo. Além disso, estendeu-se a metodologia para compreender quais são as *modificações* do uso do solo, ou seja, se há expansão ou intensificação agrícola, subsidiando-se, por meio do Sensoriamento Remoto, a identificação dos sistemas de produção, e, a partir dessa análise, propor o uso de indicadores baseados em imagens de satélites para a análise da transição agrícola. Esses algoritmos estão sendo convertidos no momento para linguagem `R`, gerando-se scripts que podem ser facilmente utilizados pelos usuários.

MATERIAL E MÉTODOS

Séries Temporais MODIS

A partir da operacionalização do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* - NASA) em 1999 e 2002, respectivamente a bordo dos satélites Terra e Água, os dados MODIS logo foram usados como uma alternativa aos problemas encontrados na consecução dos levantamentos do uso e cobertura do solo baseados na utilização de dados do NOAA/AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) da NASA. De fato, o MODIS, cujos dados também são distribuídos gratuitamente, possui um grande número de vantagens quando comparado ao seu predecessor. Inicialmente, a maior resolução espacial dos dados MODIS (250 m para as bandas do vermelho e infravermelho próximo), constituiu uma vantagem considerável, em relação aos dados NOAA/AVHRR (1,1 km). Ademais, o sensor MODIS fornece informações em outras 34 bandas do espectro eletromagnético, cinco das quais, baseado na experiência obtida com os sensores da série LANDSAT TM, foram concebidas especificamente para o levantamento do uso e cobertura do solo. Além das vantagens da maior resolução espacial e o maior número de bandas, o MODIS ainda apresenta uma série de características adicionais, como um sofisticado sistema de geolocalização e a calibração radiométrica e espectral que conferem a seus dados um maior grau de confiabilidade e precisão para a observação em larga escala da superfície terrestre. Além disso, é possível realizar uma correção atmosférica dinâmica de seus dados, fazendo uso de bandas criadas especificamente para o sensoriamento da atmosfera. Por fim, informações adicionais como as funções bidirecionais de distribuição de refletância permitem ainda que os dados sejam corrigidos com relação ao ângulo de visada e efeitos de iluminação.

Análise de Perfis Temporais NDVI

Neste ponto, faz-se necessário realizar um processamento adicional dos perfis temporais, de

modo a transformar esses dados em informações mais explícitas e úteis para a caracterização das diferentes classes de uso e cobertura do solo, uma vez que as métricas computadas a partir de perfis temporais de NDVI, tais como amplitude do perfil e taxas de crescimento e senescência, se mostraram extremamente propícias para a classificação do uso e cobertura do solo, sendo capazes de capturar os diferentes comportamentos fenológicos das classes ao longo do tempo. Consiste em duas subetapas: (i) *Modelagem de perfis temporais por meio do ajuste de curvas polinomiais*: Por meio do ajuste de curvas polinomiais aos dados temporais, de modo a se obterem curvas suaves capazes de reduzir o ruído residual do perfil e aumentar a sua interpretabilidade, inicia-se um procedimento de análise mais detalhada dos perfis temporais de NDVI (ARVOR et al., 2008; 2011), com o intuito de otimizar os dados a serem utilizados na tarefa posterior de classificação (Figura 1A); (ii) *Cálculo e seleção de atributos*: Em seguida, calcula-se uma série de métricas ou atributos com base neste perfil suavizado (e.g., data de máximo NDVI ou número de modos no perfil), de maneira a se obterem informações mais inteligentes e úteis para o processo de classificação. As métricas computadas são ainda analisadas por meio de um algoritmo de seleção de atributos baseado em medidas de correlação, de modo a se definir um subconjunto de atributos capaz de minimizar a redundância de informações ao mesmo tempo em que se maximiza a capacidade de discernimento entre as classes de interesse.

Dessa forma, o processo de classificação é beneficiado pelo uso de informações mais adequadas, obtendo-se uma redução da dimensionalidade dos dados e a minimização de problemas relacionados a ruídos e/ou pequenas variações nos perfis temporais (Figura 1B).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os arquivos antes em C++ foram convertidos integralmente para a linguagem R. A Figura 2 mostra uma parte do script convertido comparando com o original.

Em alguns momentos, na hora da conversão, houve o problema de descobrir a melhor maneira de transformar cada dado. Além disso, a linguagem C++ utiliza os chamados 'ponteiros', que na linguagem 'R' não é usada comumente.

CONCLUSÕES

A formulação do problema científico, motivador deste desenvolvimento metodológico, faz menção à compreensão dos problemas ambientais associados à dinâmica espaço-temporal das mudanças de uso

do solo em função da expansão das atividades agropecuárias. A compreensão desses processos em sua extensão e magnitude constitui um passo primordial para subsidiar a proposição de modelos de planejamento e monitoramento ambientais, como instrumentos de uma política de gestão ambiental, condição esta fundamental para a promoção do ordenamento territorial com vistas à sustentabilidade do agronegócio e à manutenção da multifuncionalidade da agricultura nacional. A metodologia serve para subsidiar a avaliação da dinâmica de uso de solo, a partir do uso das séries temporais de dados MODIS, algoritmos de automatização da classificação de uso do solo e desmatamento, bem como a metodologia para obtenção de mapas de culturas desenvolvidos no projeto Enviair em C++ estão sendo convertidos e adaptados para a linguagem 'R'. A linguagem 'R' tem se mostrado mais adequada pela possibilidade de reúso, acesso livre, fácil acesso por profissionais e usuários não especializadas em computação e a possibilidade de criação e compartilhamento de scripts à comunidade científica.

REFERÊNCIAS

- ARVOR, D.; MEIRELLES, M.; MARTORANO, L. G.; JONATHAN, M.; DUBREUIL, V.; HERLIN, I.; BERROIR, J.-P. Séries temporais de EVI/MODIS na identificação da dinâmica da soja em sistema plantio direto no Mato Grosso, Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008, Rio de Janeiro. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: SBOS: Embrapa Solos: Embrapa Agrobiologia, 2008. (Embrapa Solos. Documentos, 101).
- ARVOR, D.; JONATHAN, M.; MEIRELLES, M. S. P.; DUBREUIL, V.; DURIEUX, L. Classification of MODIS EVI time series for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 22, p. 7847-7871, 2011.
- JONATHAN, M.; MEIRELLES, M. S. P.; BERROIR, J.-P.; HERLIN, I. Considerações para o monitoramento do uso do solo com dados MODIS para longos períodos e em escala regional, e sua aplicação na bacia do Alto Taquari, MS/MT. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 1, p. 1-7, abr. 2007.

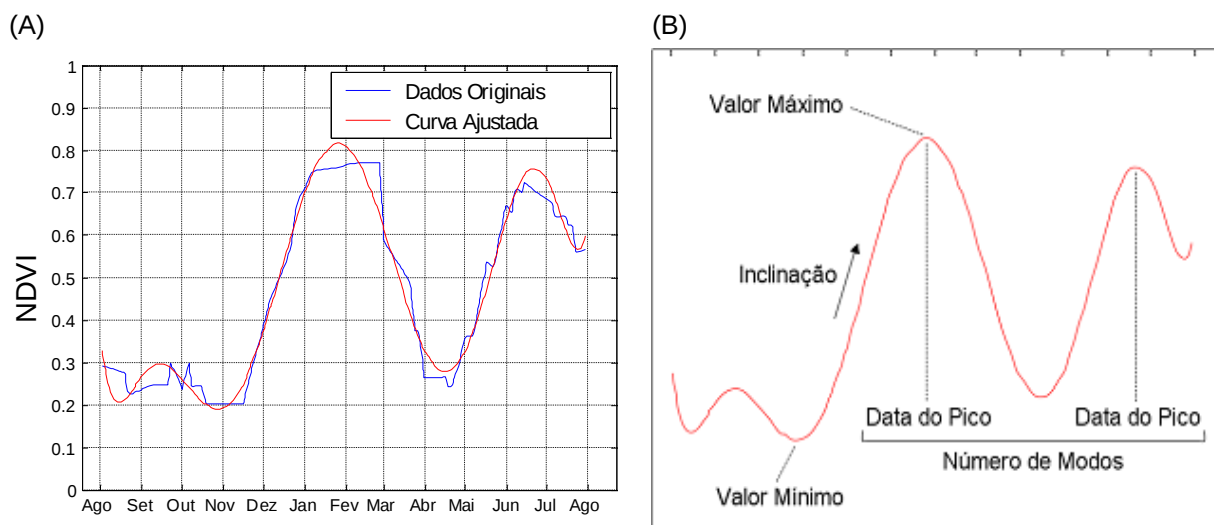


Figura 1. Gráfico A: Modelagem de perfis temporais com base em ajuste de curvas polinomiais; Gráfico B: Atributos ou métricas de um perfil temporal hipotético. Fonte: Jonathan et al. (2007).

(A)

```
* Evaluates a polynome at a specified point
*/
double profPolyValue(double *coef, int degree, double point)
{
    int i;
    double value;

    value = 0;
    for (i=0; i<degree+1; i++)
        value += coef[i]*pow(point,i);

    return value;
}
```

(B)

```
#profPolyvalue
#Evaluates a polynome at a specified point

profPolyvalue = function(coef, degree, point){
    value = 0
    for(i in 1:(degree+1)){
        value = value + coef[i]*(point^i)
    }
    return(value)
}
```

Figura 2. Gráfico A: Script em C++; Gráfico B: Script em `R`.

Efeito de fontes e doses de fertilizantes potássicos na solubilidade e mobilidade de potássio em condições controladas⁽¹⁾

Letícia Bolsas Mendonça⁽²⁾; Paulo César Teixeira⁽³⁾; Bianca Braz Mattos⁽⁴⁾; José Carlos Polidoro⁽³⁾; Débora Nóbrega dos Santos⁽²⁾; Ana Eliza de Freitas Martinho⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

⁽²⁾ Bolsista CNPq, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: leticiamendonca@me.com.

⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

⁽⁴⁾ Analista, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a solubilidade e a lixiviação de potássio em duas fontes de fertilizantes potássicos em condições controladas. O experimento foi montado em esquema fatorial $2 \times 2 \times 5 + 2$, sendo eles a combinação de dois solos (um de textura argilosa e outro de textura arenosa), duas fontes de potássio (KCl e organomineral potássico) e cinco doses de K (equivalentes a 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de K) somados aos tratamentos controle, sem aplicação de K. Cada unidade experimental consistiu de colunas de PVC de 75 mm de diâmetro e 60 cm de altura dividida em anéis de 5 cm em 5 cm, preenchidas com solo. Após a montagem das colunas, o solo foi umedecido até a capacidade de campo. Os fertilizantes foram aplicados superficialmente nas doses estabelecidas. Foi aplicada uma lâmina d'água equivalente a 210 mm mensais dividida semanalmente em duas aplicações. O experimento foi conduzido por seis semanas após a aplicação dos fertilizantes. O volume de solução lixiviado das colunas foi coletado em copos plásticos e submetido à análise de K. Ao final, as colunas foram desmontadas, e o solo, separado por profundidade, foi submetido à análise de K. De maneira geral, a quantidade de K lixiviado foi maior nas primeiras semanas para o Planossolo e maior nas últimas semanas para o Latossolo.

Termos para indexação: potássio, fertilizante organomineral, lixiviação.

INTRODUÇÃO

Nos solos tropicais, de maneira geral, a maioria dos nutrientes provenientes das rochas já se perderam devido ao intenso intemperismo, favorecido pelo clima tropical (PRIMAVESI, 2014).

Os nutrientes precisam estar na solução do solo e em contato com as raízes para serem absorvidos pelas plantas (BARBER, 1962). Os íons K⁺ se movem no solo em direção às raízes por difusão e por fluxo de massa. A difusão é o principal mecanismo de transporte de K até a raiz; porém

quando as quantidades de K são elevadas, o fluxo de massa tem contribuição significativa nesse processo (RUIZ et al., 1999). Isso acontece porque a quantidade de K é maior que o número de sítios de absorção eletrostática (NEVES et al., 2009), possibilitando um excedente de K⁺ não associado às partículas na solução do solo (BARBER, 1962).

O potássio, quando presente na solução do solo, movimenta-se verticalmente, principalmente pela água de drenagem. Em função desse movimento, esse elemento pode ser perdido por lixiviação, ou seja, transportado para profundidades além daquelas ocupadas pelas raízes (OLIVEIRA; VILLAS BOAS, 2008). A movimentação do potássio no perfil do solo depende, principalmente, do tipo de solo, textura (NEVES et al., 2009), regime hídrico, dose e solubilidade do fertilizante (ROSOLEM et al., 2006; SAMPAIO et al., 2010) e da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo.

Uma possível forma de minimizar os efeitos da lixiviação do elemento K no solo seria a sua quelatização com componentes químicos, ou uma associação com a matéria orgânica, devido à maior CTC dos radicais carboxílicos presentes no material orgânico. Garcia et al. (2015) verificaram que o processo de lixiviação de potássio foi menor quando se utilizou fertilizante organomineral como fonte de K, comparado ao fertilizante mineral, especialmente para aplicação em altas doses.

Este trabalho teve como objetivos avaliar a solubilidade e a lixiviação de potássio de duas fontes de fertilizantes potássicos em amostras de dois tipos de solo, em condições controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes da Embrapa Solos, no Rio de Janeiro, RJ. O experimento foi montado em esquema fatorial $2 \times 2 \times 5 + 2$, sendo a combinação de dois solos (um de textura argilosa e outro de textura arenosa), duas fontes de potássio (KCl e

organomineral potássico) e cinco doses de K (equivalentes a 30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹ de K) somados aos tratamentos controle, sem aplicação de K perfazendo um total de 22 tratamentos e 66 unidades experimentais. Os teores de K₂O nos fertilizantes usados KCl e organomineral K foram 57% e 27,3%, respectivamente.

Foram utilizadas amostras de dois solos classificados como Latossolo Vermelho Amarelo textura argilosa e Planossolo Háplico textura arenosa (SANTOS et al., 2013), coletadas, respectivamente, nos municípios de Paula Cândido, MG, e Seropédica, RJ, na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras dos dois solos foram analisadas quimicamente, conforme Donagema et al. (2011), e os resultados encontram-se na Tabela 1.

As unidades experimentais consistiram de colunas, compostas por 11 anéis de PVC de 5 cm de altura cada uma com encaixe tipo macho-fêmea (Figura 1). Cada coluna possuía 75 mm de diâmetro e 550 mm de altura. Na parte inferior da coluna, foi encaixado um anel de vedação (cap), possuindo um orifício para permitir a coleta do lixiviado em um recipiente. O cap foi preenchido, na seguinte ordem, com cascalho, tela e papel de filtro de porosidade média, formando uma camada drenante e evitando, assim, a saída de solo. O enchimento das colunas, iniciado pela base até o décimo anel, foi feito com as amostras do solo homogeneizadas, fazendo-se uma leve compactação. Ao final, a coluna estava preenchida com solo até a altura de 500 mm. Toda a coluna foi preenchida com amostras de solo não corrigido com exceção da coluna superficial (primeiros 5 cm de profundidade) que recebeu amostras de solo após incubação com calcário dolomítico, a fim de elevar seu pH a 6,0, segundo Stafanato (2009). Após o preenchimento, as colunas foram irrigadas de forma a uniformizar a umidade até a capacidade de campo. No dia posterior, os diferentes fertilizantes, nas respectivas doses, foram aplicados em cobertura.

Buscando simular o regime hídrico de uma região produtora de grãos, foi aplicada uma lâmina d'água equivalente a 210 mm mensais de chuva. A irrigação foi realizada duas vezes por semana, adicionando 116 mL de água deionizada por coluna em cada aplicação. O experimento foi conduzido por seis semanas.

As coletas do volume de solução lixiviada entre as irrigações ocorreram duas vezes por semana, sendo o lixiviado recolhido em copos plásticos de 200 mL localizados imediatamente abaixo das colunas. O volume lixiviado de cada coluna foi determinado com auxílio de uma proveta, filtrado e acondicionado em geladeira em garrafas plásticas. Ao final de todas as coletas, as amostras foram

analisadas por fotometria de chama.

Ao final de seis semanas de avaliação do experimento, as colunas foram desmontadas, e o solo, separado nas seguintes profundidades: 0-5 cm; 5-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm e 30-50 cm. As amostras de solo foram secas e submetidas à análise de potássio.

Para extração do potássio no solo, 5 g de cada solo foram transferidos para Erlenmeyers de 200 mL. A seguir, foram adicionados 50 mL de solução extratora de Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e colocados em agitação em torno de 130 rpm por cinco minutos. A suspensão foi deixada em repouso pelo período da noite a fim de que ocorresse a decantação do solo, permitindo a coleta do sobrenadante. A determinação do potássio no solo foi feita por fotometria de chama.

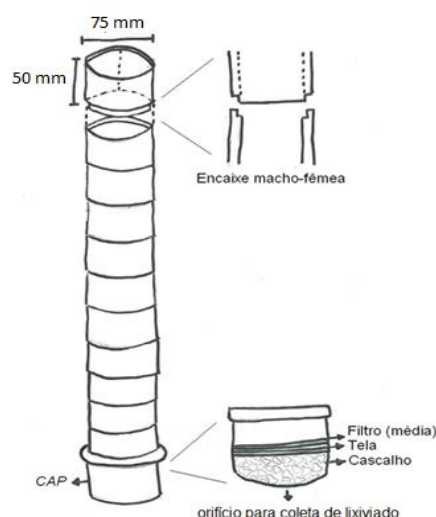


Figura 1. Desenho esquemático representando a estrutura da coluna de lixiviação. Fonte: Martinho (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de lixiviação de K obtidos demonstram que a dinâmica da mobilidade desse nutriente foi mais intensa durante as três primeiras semanas de incubação para o Planossolo e a partir da quarta semana para o Latossolo (Figura 2).

A adsorção de potássio depende da natureza da superfície da troca, ou seja, do tipo de argila e matéria orgânica (NEVES et al., 2009). Assim, é possível explicar o retardamento da lixiviação de K no Latossolo, proporcionado pelo seu alto teor de argila.

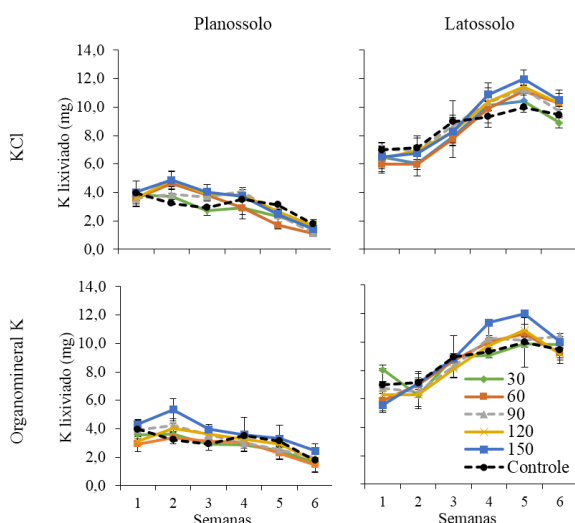


Figura 2. Quantidade de potássio lixiviado em amostras de dois tipos de solo em função do tempo após a aplicação de diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos.

Além disso, as duas fontes de fertilizantes tiveram comportamentos bastante similares no decorrer do experimento, demonstrando que o tipo de fertilizante pouco influencia na retenção do nutriente em cada um dos solos. Dessa forma, o componente orgânico no fertilizante organomineral não exerceu a função esperada de aumentar a retenção de potássio.

A lixiviação de K nas menores doses foi equivalente a zero, visto que não houve aumento de lixiviado em relação ao tratamento controle. De outra forma, os resultados evidenciam que o aumento da lixiviação é proporcional ao aumento da dose aplicada (Figura 3). Ademais, o tipo de fertilizante pouco influencia na retenção do nutriente em cada um dos solos (Figura 4).

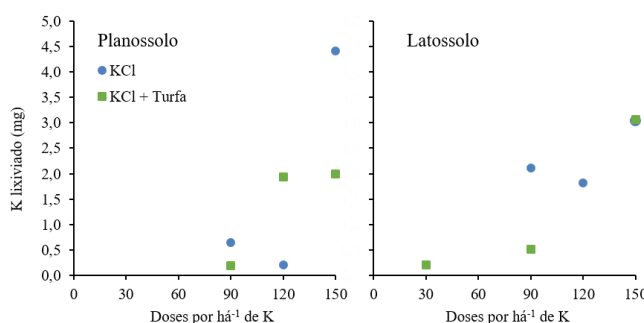


Figura 3. Quantidade total de potássio lixiviado (tratamento - controle), em amostras de dois tipos de solo, após a aplicação de diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos.

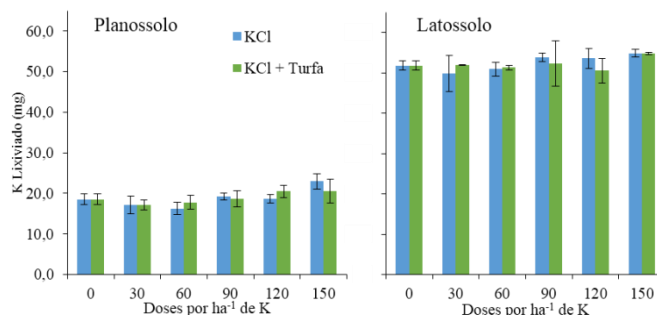


Figura 4. Quantidade total de potássio lixiviado em amostras de dois tipos de solo, após a aplicação de diferentes fontes e doses de fertilizantes.

O aumento de potássio trocável em profundidade deve variar com o fluxo de água e com a densidade do solo (ERNANI et al., 2007). Quanto menor a densidade do solo, maior a quantidade de partículas para atração eletrostática do K (DEFELIPO; BRAGA, 1983), e consequentemente menor descida do nutriente.

Dessa forma, observou-se que, no solo argiloso, a retenção de K no solo foi fortemente afetada pelo aumento da dose, ou seja, o aumento da dose proporcionou aumento do teor de K no solo, principalmente nas camadas superficiais. Para o solo arenoso, com maior densidade, a distribuição do nutriente foi igualitária ao longo do perfil, com menor diferença entre os tratamentos em relação à dose aplicada comparado ao solo argiloso (Figura 5).

As duas fontes de fertilizantes tiveram comportamentos bastante similares no decorrer do experimento, demonstrando que o tipo de fertilizante pouco influencia na retenção do nutriente em cada um dos solos. Dessa forma, o componente orgânico no fertilizante organomineral não exerceu uma possível função esperada, de minimizar a perda de K por lixiviação.

Da mesma forma que a densidade influencia na adsorção de potássio às partículas, a quantidade e mobilidade de potássio adsorvida também é influenciada pelo tamanho e distribuição dos poros (DIEROLF et al., 1997). Desse modo, quanto menor a partícula, maior será a superfície de contato com os íons K^+ , e uma melhor distribuição das mesmas possibilita uma menor mobilidade vertical de potássio no perfil do solo.

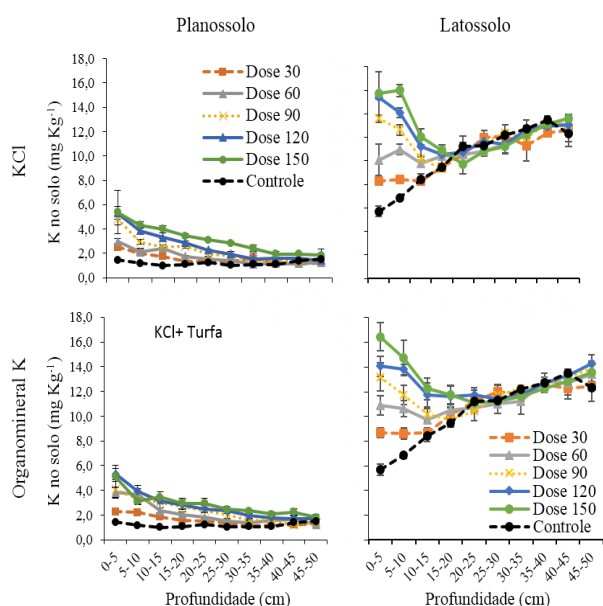


Figura 5. Teor de potássio no solo em amostras de dois tipos de solo em função da profundidade da coluna de lixiviação e de diferentes fontes e doses de fertilizantes boratados, seis semanas após a aplicação dos fertilizantes.

CONCLUSÕES

A quantidade de K lixiviado foi maior nas primeiras semanas para o Planossolo e maior nas últimas semanas para o Latossolo.

O fertilizante mineral e o organomineral apresentaram o mesmo comportamento na retenção de K no solo.

O aumento da dose de K dos fertilizantes aplicados proporcionou aumento da retenção de potássio no Latossolo, principalmente nas profundidades mais superficiais.

REFERÊNCIAS

BARBER, S. A. A diffusion and mass flow concept of soil nutrient availability. **Soil Science**, v. 93, n. 1, p. 39-49, Jan. 1962.

DEFELIPO, B. V.; BRAGA, J. M. Influência da calagem e fontes de potássio na adsorção de potássio em latossolos em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 7, p. 119-122, 1983.

DIEROLF, T. S.; ARYA, L. M.; YOST, R. S. Water and cation movement in an Indonesian ultisol. **Agronomy Journal**, v. 89, n. 4, p. 572-579, 1997.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

GARCIA, J. C.; BONETI, J. E. B.; AZANIA, C. A. M.; BELUCI, L. R.; VITORINO, R. Fontes de adubação potássica na lixiviação de potássio em Neossolo Quartzarênico. **Revista Eletrônica Thesis**, São Paulo, ano 12, n. 24, p. 76-89, 2015.

MARTINHO, A. E. **Avaliação da solubilidade, mobilidade e eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais produzidos pela Agrária Indústria e Comércio Ltda.** 2015. 27 f. Relatório de estágio (Embrapa Solos – Funarbe) – Rio de Janeiro, 2015.

NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses e de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 25-32, 2009.

OLIVEIRA, M. V. A. M. de; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 95-103, jan./mar. 2008.

PRIMAVESI, A. O solo tropical. In: _____. **Pergunte ao solo e às raízes: uma análise do solo tropical e mais de 70 casos resolvidos pela agroecologia**. São Paulo: Nobel, 2014. cap. 3, p. 22-28.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P. dos; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 6, p. 1033-1040, jun. 2006.

RUIZ, H. A.; MIRANDA, J.; CONCEIÇÃO, J. C. S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de K, Ca e Mg a plantas de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 1015-1018, 1999.

SAMPAIO, S. C.; CAO VILLA, F. A.; OPAZO, M. A. U.; NÓBREGA, L. H. P.; SUSZEK, M.; SMANHOTTO, A. Lixiviação de íons em colunas de solo deformado e indeformado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 150-159, 2010.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

STAFANATO, J. B. **Aplicação de misturas granuladas NK e NS em cultivar de arroz (Oryza sativa)**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Tabela 1. Atributos químicos de amostras de Planossolo Háplico textura arenosa (SX) e de Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa (LVA) na camada de 0-20 cm.

Solo	Na	Ca	Mg	K	H ⁺ Al	Al	S	T	V	m	pH água 1:2,5	M.O.	P	SO ₄
					-----cmol _c dm ⁻³ -----					----%----		g kg ⁻¹		--mg dm ⁻³ --
SX	0,1	2,05	1,05	0,07	2,1	0,1	3,3	5,4	61	3	5,5	11	30	2
LVA	0,0	0,60	0,30	0,28	3,8	0,8	1,2	5,0	24	20	5,3	25	7	15

Teor e estoque de carbono e nitrogênio do solo em área sob sistema silvipastoril na Zona da Mata, MG⁽¹⁾

Pedro Augusto Dias de Oliveira⁽²⁾; Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues⁽³⁾; Renato Campello Cordeiro⁽⁴⁾; Mirelly Mioranza⁽⁵⁾; Thamires Rodrigues de Sá Valle⁽⁶⁾; Fabiano Barbosa Alecrim⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de BID e Embrapa.

⁽²⁾ Estudante de graduação; UFF, Niterói, RJ; E-mail: pa_dias@id.uff.br; ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade Federal Fluminense/UFF; Niterói, RJ; ⁽⁵⁾ Estudante de doutorado; UFF, Niterói, RJ; ⁽⁶⁾ Estudante de mestrado; Universidade Federal Fluminense/UFF; Niterói, RJ.

RESUMO: Os sistemas integrados de produção apresentam-se como tecnologia auspiciosa para a preservação da qualidade do solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento da agricultura de baixo carbono. O objetivo do trabalho foi determinar o teor, o estoque de carbono e de nitrogênio do solo em áreas de pastagem sob diferentes manejos. Para este trabalho, foram coletadas amostras em diferentes áreas sob pastagem no campo experimental da Embrapa Gado de Leite, Município de Coronel Pacheco, MG, em áreas de pastagem em sistema silvipastoril (SSP), monocultivo de pastagem manejada (PM) e uma área de pastagem degradada (PD), estabelecidos há 20 anos. As amostras indeformadas para a determinação da Ds e deformadas para os teores totais e estoque de C e N foram coletadas nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-40 cm. O teor de C na camada de 0-10 cm foi influenciado pelo manejo na seguinte ordem: PM = SSP > PD, enquanto os estoques totais de C (0-40 cm) não foram diferenciados e com tendência de maiores estoques na PM e no SSP.

Termos de indexação: pastagem, manejo do solo, sistemas integrados.

INTRODUÇÃO

Mudanças de uso e manejo do solo podem resultar em importante fonte ou dreno de carbono (C) da atmosfera (BAKER et al., 2007; CERRI et al., 2006). Os mais importantes exemplos de mudança de uso da terra no Brasil são a conversão de ecossistemas nativos para pastagens (CERRI et al., 1999; MORAES et al., 1996) e para cultivo agrícola (BAYER et al., 2006; CARVALHO et al., 2009a; 2009b).

No processo de mudança do uso da terra, quando a vegetação nativa é convertida em pastagem, geralmente observa-se aumento temporário da fertilidade do solo, resultante principalmente da decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) do sistema nativo (MÜLLER et al., 2004) e disponibilização dos nutrientes para

as plantas. Entretanto, quando não se aplica manejo adequado e reposição dos nutrientes extraídos pela pastagem, observa-se um declínio da fertilidade do solo, resultando em degradação do solo e da forrageira (SERRÃO et al., 1982).

Os sistemas que introduzem árvores junto à produção agropecuária apresentam-se como alternativa promissora na preservação da qualidade do solo, no alcance da sustentabilidade e no desenvolvimento da agricultura de baixo carbono. Contribuem com o aumento do potencial de armazenagem de C no solo, pois as árvores retêm quantidades significativas de C na biomassa abaixo e acima do solo. Além disso, a integração de diferentes manejos na mesma área aumenta a ciclagem de nutrientes, protege o solo, conserva água e proporciona conforto térmico para os animais (MÜLLER et al., 2010).

O interesse crescente pelas consequências do aquecimento global devido ao aumento da emissão de gases do efeito estufa tem levado a comunidade científica a estudar mais intensamente o ciclo global do C (LAL, 2008). Dessa forma, o objetivo do trabalho foi determinar o teor e estoque de carbono e nitrogênio do solo em áreas de pastagem sob diferentes manejos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Campo Experimental José Henrique Bruschi, pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizado no Município de Coronel Pacheco, MG, em áreas de pastagem em sistema silvipastoril (SSP), monocultivo de pastagem manejada (PM) e uma área de pastagem degradada (PD), estabelecidos a 20 anos em topografia montanhosa, com declividade de 30%. As coordenadas geográficas do local do experimento são 21° 33'22" de latitude Sul, 43° 06'15" de longitude Oeste e 410 m de altitude. As áreas escolhidas estão geograficamente próximas entre si, minimizando a variabilidade dos fatores climáticos, pedológicos e topográficos.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico). A precipitação média mensal e a temperatura média

do ar são 60 mm e 17 °C, respectivamente, de abril a setembro, e de 230 mm e 24 °C, de outubro a março. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de textura argilosa.

Foram coletadas amostras de solo para quantificação de teores de C e N total nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-40 cm. Para determinação da densidade do solo, foram coletadas amostras indeformadas de solo usando um cilindro de aço inox (5 cm x 5 cm), coletadas nas mesmas profundidades anteriores.

As amostras de solo foram secas em estufa a 60 °C, passadas em peneiras de 2 mm. Em seguida, parte dessa amostra de solo foi moída e passada em peneira de 100 mesh (0,150 mm) para determinação do teor de C e N em analisador elementar CHN, modelo Perkim Elmer 2400.

Para as camadas de solo amostradas (0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm e 30-40 cm de profundidade), calcularam-se os estoques (em Mg ha^{-1}), multiplicando a concentração de C e N (em g) pela densidade aparente do solo (g cm^{-3}) e pela espessura da camada (cm).

Após a verificação dos pressupostos da análise de variância, os dados foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas os manejos de solo avaliados, os perfis apresentaram uma acentuada diminuição do teor de C com o aumento da profundidade. Observações como esta já são comumente apresentadas em diversos estudos na literatura (SÁ et al., 2001; BAYER et al., 2006; CARVALHO et al., 2009a).

Nas três áreas de pastagens, o teor de C na camada de 0-10 cm foi maior na PM (29,03 g kg^{-1}), seguido pelo SSP (25,76 g kg^{-1}), e PD, com o menor teor (19,63 g kg^{-1}). Não foram encontradas diferenças significativas para o teor de C entre os tratamentos nas demais camadas analisadas (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de carbono nas camadas observadas.

Pastagem	C (g kg^{-1})			
	0-10	10-20	20-30	30-40
PD	19,63b	17,95	14,92	11,13
PM	29,03a	21,42	19,45	13,23
SSP	25,76ab	19,32	15,24	10,53

Não foi observada diferença significativa no estoque de C entre as camadas amostradas, assim como em relação ao estoque total (Figura 1). As maiores tendências de estoques de C no solo, de modo geral, foram verificadas na camada de 0-10

cm nas áreas de PM (36,12 Mg ha^{-1}) e SSP (33,05 Mg ha^{-1}). Menores estoques de C no solo foram obtidos em PD (26,19 Mg ha^{-1}). Essa tendência se repete em profundidade para todos os manejos estudados.

Contudo, observa-se uma tendência que indica estoques até 40 cm na PM (94,12 Mg ha^{-1}), seguido do SSP (81,36 Mg ha^{-1}) e da PD (72,21 Mg ha^{-1}).

A diminuição dos estoques de C em decorrência do manejo inadequado do solo resulta num processo acelerado de degradação física, química e biológica, com reflexos negativos na sua capacidade produtiva, resultados esses observados na área de pastagem degradada (PD). O solo sob essa pastagem fica mais exposto e mais vulnerável às adversidades climáticas e, por isso, perde matéria orgânica e aumenta a emissão de C para a atmosfera (ROSA et al., 2014).

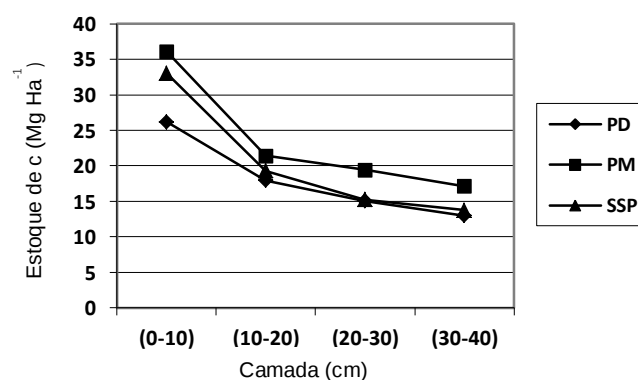


Figura 1. Estoque de C por camada em pastagens na Zona da Mata mineira.

O fato de pastagens degradadas às vezes não apresentarem redução nos estoques de C do solo pode estar relacionado com a grande quantidade de biomassa radicular presente nos solos sob pastagens e ainda com fatores, tais como a grande subjetividade quando se classifica a pastagem como degradada ou não degradada (MAIA et al., 2009). Em pastagens degradadas, observaram-se perdas de 0,28 $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para pastagens não degradadas, os autores observaram taxa de perda de C de 0,03 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em Latossolos e acúmulo de 0,72 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em outros solos.

Os teores de N variam de 2,4 g kg^{-1} (PD) a 1,56, 1,60 g kg^{-1} (PD e SSP, respectivamente) e sem diferença entre os mesmos nos primeiros 10 cm do solo (Tabela 2). Em relação às demais camadas do solo, a área sob PD apresentou tendência de maiores teores em todas as camadas, enquanto a pastagem sob SSP foi a que apresentou os menores teores, sendo inferior à área de PD. Como possível influência, na área sob SSP há leguminosas (*Acácia Mangium*) que podem ter influenciado na menor disponibilidade de nitrogênio ou cuja fixação biológica do solo sob o SSP é baixa

devido à maior absorção de nitrogênio pelas raízes das árvores.

Nota-se que os estoques de N no SSP apresentam menores valores em comparação com a pastagem degradada e com a pastagem manejada (Figura 2). Os maiores estoques até 40 cm foram observados na PM (7,81 Mg ha⁻¹), e o menor, em SSP (4,62 Mg ha⁻¹).

Tabela 2. Teor de N em pastagens manejadas na Zona da Mata mineira.

Pastagem	N (g kg ⁻¹)			
	0-10	10-20	20-30	30-40
PD	1,56	1,26	1,13	1,03
PM	2,40	1,40	1,20	1,13
SSP	1,60	0,90	0,63	0,46

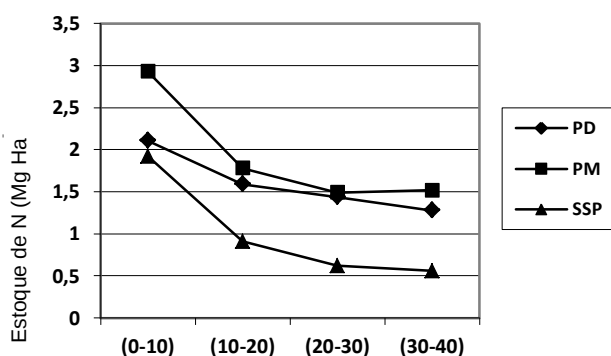


Figura 2. Estoque de N (Mg ha⁻¹) do solo por camada em pastagens na Zona da Mata mineira.

CONCLUSÕES

O teor de C na camada de 0-10 cm foi influenciado pelo manejo na seguinte ordem: PM = SSP > PD. Os estoques totais de C (0-40 cm) não foram diferenciados, contudo, destaca-se a tendência de maiores estoques na PM e no SSP.

Para o teor e estoque de N, observa-se tendência de maiores valores para SSP, possivelmente relacionado à influência de árvores leguminosas plantadas em renque no sistema silvipastoril.

REFERÊNCIAS

- BAKER, J. M.; OCHSNER, T. E.; VENTER, R. T.; GRIFFIS, T. J. Tillage and soil carbon sequestration – what do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 118, n. 1/4, p. 1-5, Jan. 2007.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil and Tillage Research*, v. 86, n. 2, p. 237-245, Apr. 2006.
- CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. de C.; GODINHO, V. de P.; HERPIN, U.; CERRI, C. C. Conversion of Cerrado into agricultural land in the south-western amazon: carbon stocks and soil fertility. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 233-241, mar./abr. 2009a.
- CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. *SOIL & TILLAGE RESEARCH*, v. 103, n. 2, p. 342-349, 2009b.
- CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C. Carbon stocks in soils of the Brazilian Amazon. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; STEWART, B. A. (Ed.). *Global climate change and tropical ecosystems*. Boca Raton: CRC Press, 1999. cap. 2, p. 33-50. (Advances in soil science).
- CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. E. P.; LAL, R. Challenges and opportunities of soil carbon sequestration in Latin America. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, E. (Ed.). *Carbon sequestration in soils of Latin America*. New York: Haworth Press, 2006. p. 41-47.
- LAL, R. Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, London, v. 363, n. 1492, p. 815-830, 2008.
- MAIA, S. M. F.; OGLE, S. M.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. *Geoderma*, Amsterdam, v. 149, n. 1/2, p. 84-91, Feb. 2009.
- MORAES, J. F. L. de; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Soil properties under amazon Forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. *Geoderma*, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 63-81, Mar. 1996.
- MÜLLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MITJA, D. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian Amazon: a case study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 279-288, Jul. 2004.
- MÜLLER, M. D.; SANTOS, A. M. B. dos; PACIULLO, D. S. C.; MARTINS, C. E.; CASTRO, C. R. T. de. **Cuidados para o estabelecimento de árvores em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 8 p. (Embrapa Gado de Leite. Circular técnica, 101).
- ROSA, R.; SANO, E. E.; ROSENDO, J. dos S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. *Revista Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 6, n. 2, p. 333-351, 2014.
- SÁ, J. C. de M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 65, p. 1486-1499, 2001.
- SERRÃO, E. A. S.; FALES, I. C.; VEIGA, J. B.; TEIXEIRA NETO, J. F. Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas de floresta da Amazônia Brasileira. In: TERGAS, L. E.; SANCHEZ, P. A.; SERRÃO, E. A. S. **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília, DF: CIAT: Embrapa, 1982. p. 219-252.

Desenvolvimento e avaliação da qualidade química e física de fertilizantes organominerais produzidos a partir de diferentes resíduos agrícolas⁽¹⁾

Raphaela Camara da Fonseca⁽²⁾; Paulo César Teixeira⁽³⁾; Bianca Braz Mattos⁽⁴⁾; Rosângela Stralio⁽³⁾; Vinícius de Melo Benites⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq).

⁽²⁾ Estudante, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ. E-mail: raphaela_fonseca@id.uff.br

⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

⁽⁴⁾ Analista, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

RESUMO: Os fertilizantes organominerais oferecem uma alternativa para reutilizar como matéria-prima resíduos agrícolas como bagaço de cana, farinha de ossos, composto suíno e cama de frango, entre outros. O presente trabalho teve como objetivo determinar melhores combinações entre os componentes orgânicos, minerais e agentes cimentantes no processo de mistura e granulação de fertilizantes organominerais produzidos a partir de diferentes resíduos orgânicos. O experimento foi conduzido na Embrapa Solos, RJ, nos anos de 2016 e 2017. Foi realizada granulação de diversas composições de fertilizantes organominerais, variando a composição, até se obterem produtos com qualidades físicas desejáveis. Em paralelo, foram determinados os teores do aditivo A, fósforo total, aditivo B, aditivo C, dureza e umidade dos fertilizantes produzidos.

Termos para indexação: fontes alternativas de nutrientes, adubo, cama de frango, farinha de ossos, composto suíno.

INTRODUÇÃO

Com a perspectiva de crescimento da agropecuária brasileira, alavancada principalmente pela produção de grãos, fibras e carnes, haverá o aumento da geração de resíduos oriundos dessas atividades, como, por exemplo, a cama de frango e a farinha de ossos. Levando-se em consideração que os grãos de maior produção agrícola no Brasil são milho e soja, culturas que costumam utilizar fertilizantes granulados em grandes quantidades, pode-se inferir que o mercado de fertilizantes organominerais granulados continua com potencial de crescimento. A combinação de uma maior quantidade de resíduos provenientes da produção agrícola com a perspectiva de crescimento da agropecuária poderá aumentar a demanda por fertilizantes organominerais.

O principal destino da maior parte dos resíduos agrícolas é o uso na sua forma in natura, sem

transformações. Em geral, o que se observa é o uso sem critérios técnicos que permita o aproveitamento eficiente dos nutrientes, resultando em grandes perdas, sobretudo do nitrogênio. Além da perda de nutrientes, o uso agrícola de resíduos sem critérios técnicos pode resultar em emissão significativa de gases de efeito estufa, principalmente o óxido nitroso. O uso de resíduos de aves na alimentação animal foi proibido pela legislação brasileira desde 2001, o que aumentou a necessidade de buscar alternativas para a disposição segura desses resíduos no solo. Estudos ambientais mostram que, em alguns estados como Santa Catarina, o aumento do rebanho poderá ser inviabilizado por limitações no tratamento desses resíduos em atendimento à legislação vigente, sobretudo após a publicação da Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Esse cenário indica que alternativas para a destinação dos resíduos que não impactem negativamente o ambiente são primordiais. Como alternativa para a disposição racional de resíduos orgânicos e aumento na eficiência do uso dos nutrientes contidos nesses resíduos, pode-se citar os fertilizantes organominerais. A primeira grande vantagem relativa desses fertilizantes em relação aos minerais é o fato de utilizarem como matéria-prima resíduos que são passivos ambientais de outros sistemas de produção (BENITES et al., 2010). Esses fertilizantes são o resultado da combinação entre fontes orgânicas e minerais e estão previstos na legislação brasileira (MAPA, 2005). O mercado de fertilizantes organominerais cresceu a uma taxa média de 10% ao ano na última década no Brasil. Estima-se que, em 2009, foram produzidas e comercializadas cerca de 3,5 milhões de toneladas de fertilizantes organominerais, a partir de matérias-primas como esterco, turfa, resíduos da indústria sucroalcooleira, farinhas de ossos e sangue, tortas diversas e resíduos agroindustriais. A maior parte dessa produção é comercializada na forma de farelo ou em pó, e o consumo é concentrado praticamente ao setor da olericultura, fruticultura, perenes e floricultura (ABISOL, 2010). Adicionalmente, estima-se que em 2009 houve um

consumo não comercial de 2,8 milhões de toneladas de fertilizantes organominerais por meio da produção para o próprio consumo do setor sucroalcooleiro, utilizando-se torta de filtro, cinzas, vinhaça e outros resíduos das usinas associados a fontes minerais de nutrientes. De todo o volume de fertilizante de base orgânica (orgânico e organomineral) produzido no País, apenas uma pequena parte é destinada a grãos e fibras. Visando superar esses desafios tecnológicos, a Embrapa lançou em 2012 um fertilizante organomineral granulado, produzido a partir da associação entre cama de aviário e uma fonte mineral de fósforo. Experimentos de campo apontaram um ligeiro ganho de eficiência no fornecimento de fósforo em relação à fonte MAP isolada. Entretanto, muito ainda há que se pesquisar para desenvolver novos produtos buscando atender à ampla diversidade de materiais orgânicos disponíveis e com potencial para produção de fertilizantes organominerais.

Este trabalho teve como objetivo: i) avaliar a adição de aditivos orgânicos e inorgânicos à mistura para melhoria da granulação e dureza de fertilizantes organominerais; ii) avaliar o efeito do tamanho de partícula da fração orgânica na granulação e nas características físicas e químicas de fertilizantes organominerais; iii) avaliar o efeito de diferentes fontes de carbono na qualidade química e física de fertilizantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o preparo das diferentes formulações de fertilizantes organominerais granulados, foram utilizadas as seguintes matérias-primas como fonte de carbono: cama de frango (CF), composto suíno (CS), farinha de carcaça de aves (FA), farinha de ossos bovinos (FB), farinha de carcaça de suínos (FS), resíduo de peneira de dejetos de suínos (RP), composto de hortaliças com esterco de cavalo (CH) e composto produzido à base de gramíneas (CG). O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes, exceto as análises de zinco, cobre e percentual de carbono e nitrogênio, realizadas no Laboratório de Análises de Solo e Planta, ambos da Embrapa Solos, RJ.

As metodologias utilizadas para o preparo e as análises físico-químicas utilizadas foram feitas conforme descrito abaixo.

Granulação: As misturas das matérias-primas foram granuladas em processo de batelada, em granulador de prato com inclinação e rotação constantes. O material granulado foi peneirado em peneiras de 5 e 10 Mesh, a fim de atender aos requisitos granulométricos exigidos pelo Mapa, de acordo com a Instrução Normativa, nº 23, de 31 de

agosto de 2005.

Secagem: Os grânulos de diâmetro entre 2 mm e 4 mm foram secados em estufa com circulação forçada de ar, a 50 °C, até massa constante.

Adição de aditivos orgânicos e inorgânicos à mistura para melhoria da granulação e dureza de fertilizantes organominerais: Os aditivos utilizados (aditivos e aluminossilicato) foram peneirados em peneira de 35 Mesh para obter uma mistura homogênea para o preparo dos grânulos. As misturas preparadas foram granuladas, secadas e analisadas química e fisicamente.

Efeito da granulometria da cama de frango na dureza: A cama de frango bruta foi moída nas seguintes granulometrias: 10, 18, 20 e 30 Mesh e utilizada para preparar as misturas para a granulação.

Análise de dureza dos grânulos: A dureza foi avaliada por meio de um medidor de compressão, chamado de durômetro (Marca Instrutemp, modelo IGM 94), com 30 repetições para cada tratamento.

Análises químicas: Foram realizadas segundo o Mapa (2014), sendo a determinação de P_2O_5 total pelo método gravimétrico; umidade a 65 °C além da análise granulométrica. As demais análises foram realizadas por extração ácida a frio (Mosaic Methods Manual), seguida de determinação em ICP-OES.

Na primeira etapa do projeto (*Adição de aditivos*), foi realizado um teste preliminar visando à obtenção de um produto mais resistente para definir as formulações a serem utilizadas nas etapas seguintes. Nesta etapa, foram utilizadas diversas combinações utilizando duas fontes de carbono (CF e CS), fonte mineral de fósforo, aluminossilicato, aditivos e silicato de sódio alcalino em diferentes concentrações. Foram realizadas 29 combinações diferentes.

Na segunda etapa (*Efeito da granulometria*), foram utilizadas quatro diferentes granulometrias de CF bruta, (peneiras de 10, 18, 20 e 30 Mesh). A combinação definida na etapa anterior foi utilizada para preparar as quatro formulações seguintes.

Os fertilizantes granulados preparados nesta etapa foram analisados para a determinação de carbono, nitrogênio, dureza, umidade, teores dos aditivos A, B e C e fósforo total, conforme descrito anteriormente.

Na terceira etapa (*Efeito de diferentes fontes de carbono*), foram testadas diferentes fontes de carbono utilizando a melhor combinação de aditivos

obtida na primeira etapa do projeto. As fontes utilizadas foram: CF, CS, FA, FB, FS, RP, CH e CG. As amostras foram granuladas e analisadas para determinação da dureza, umidade, teores dos aditivos A, B e C e fósforo total.

Análise estatística

Os valores médios de dureza dos grânulos provenientes das 12 melhores formulações obtidas na primeira etapa do trabalho foram comparados por meio do teste de Tukey (5%), utilizando o *software* Sisvar (versão 5.6).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira etapa do projeto, foi analisada a dureza dos produtos preparados com diferentes matérias-primas e aditivos (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). Quando a dureza é baixa, os grânulos são pouco resistentes e mais suscetíveis à quebra, até mesmo pulverização durante a armazenagem, transporte e manuseio do fertilizante, tornando o produto comercialmente inadequado (JUNIOR et al., 2012).

O fertilizante que apresentou a maior dureza foi o de CS + Fonte mineral de P + Aditivos + 4% de silicato. Comparando os valores utilizando CF, foi observado que a diferença entre os valores da CF + Fonte mineral de P + Aditivos + 5% de silicato e CF + Fonte mineral de P + Aditivos + 2% de silicato foi muito pequena, sendo mais viável granular o produto usando solução com 2% de silicato.

Ao avaliar os resultados do teste de dureza, pode-se observar que as combinações que geraram grânulos de melhor dureza foram:

1) CS + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 4% Silicato líquido.

2) CF + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido.

Na segunda etapa, foram produzidos fertilizantes organominerais utilizando a melhor combinação obtida na primeira etapa usando cama de frango, variando apenas a granulometria da fonte de carbono. Inicialmente, foi avaliada a influência da granulometria na composição química da matéria-prima, através dos teores de carbono e nitrogênio (Tabela 1).

Os resultados indicam que a moagem da matéria-prima em diferentes granulometrias não afetou significativamente os teores de carbono e nitrogênio (Tabela 2).

Tabela 1. Composição de carbono e nitrogênio da cama de frango (CF) após o processo de moagem do resíduo em diferentes granulometrias.

Amostra	Carbono (%)	Nitrogênio (%)
CF (10 mesh)	28,81	3,10
CF (18 mesh)	32,15	2,88
CF (20 mesh)	33,32	2,80
CF (30 mesh)	32,06	3,19

Após o processo de granulação, foram analisados parâmetros físico-químicos nos grânulos dos fertilizantes, como teores dos aditivos A, B e C e fósforo total, umidade e dureza (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**).

Tabela 2. Análises físicas e químicas dos fertilizantes organominerais fosfatados granulados com cama de frango preparada a partir de diferentes granulometrias

Descrição	P ₂ O ₅ Total (%)	Aditivo A (%)	Umidade (%)	Dureza	Aditivo B (%)	Aditivo C (%)
CF (10 mesh)	25	0,15	2,62	0,84	0,484	0,709
CF (18 mesh)	25	0,14	2,46	0,64	0,459	0,712
CF (20 mesh)	24	0,16	2,65	0,64	0,485	0,746
CF (30 mesh)	24	0,14	1,84	0,76	0,521	0,730

Os resultados indicam que não é obrigatório moer a fonte orgânica em peneira muito fina, pois o melhor resultado de dureza foi obtido pela formulação obtida em Mesh 10, ou seja, a fonte com maior granulometria, o que se constitui num facilitador ao processo de produção de organominerais a partir da fonte de carbono (Tabelas 1 e 2).

Na Figura 2, observa-se o aspecto visual dos fertilizantes granulados produzidos a partir de cama de frango com diferentes granulometrias.

Na etapa 3, foi utilizada a melhor combinação da formulação obtida na etapa 1, variando apenas a fonte de carbono. Os teores de fósforo total, boro total, umidade e dureza foram analisados e estão descritos na Tabela 4.

As composições de fertilizantes com menor e maior valor de dureza foram FS e CH, respectivamente.

Na Figura 3, observa-se o aspecto visual dos fertilizantes granulados a partir de diferentes fontes de carbono produzidas a partir da melhor formulação obtida na etapa um deste trabalho.

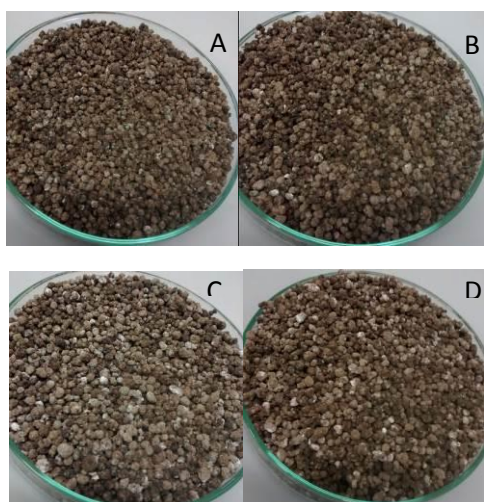


Figura 2. Fertilizantes organominerais fosfatados, preparados com base em diferentes granulometrias da cama de frango. Legenda: A: CF (10 mesh) + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; B: CF (18 mesh) + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; C: CF (20 mesh) + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; D: CF (30 mesh) + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido.

Tabela 3. Análises físicas e químicas dos fertilizantes organominerais fosfatados granulados com diferentes fontes de carbono. (Adit=aditivo; umi=teor de umidade).

Descrição	P ₂ O ₅ Total (%)	Adit A (%)	Umi (%)	Dureza	Adit B (%)	Adit C (%)
Cama de frango	22,08	0,417	0,75	0,54	0,578	1,089
Composto suíno	26,20	0,460	0,83	0,77	0,287	1,139
Resíduo de peneiras de dejetos de suínos	33,72	0,415	0,92	0,43	0,469	1,330
Farinha de carcaça de aves	28,63	0,455	0,92	0,15	0,403	1,178
Farinha de carcaça de suínos	24,99	0,335	1,08	0,05	0,399	0,941
Farinha de carcaça de bovinos	30,52	0,445	0,79	0,19	0,300	1,092
Composto de hortaliças com esterco de cavalo	27,68	0,541	0,96	1,49	0,465	1,172
Composto de hortaliças com esterco de cavalo	27,68	0,541	0,96	1,49	0,465	1,172
Composto produzido à base de gramíneas	23,04	0,515	1,08	0,54	0,502	1,129

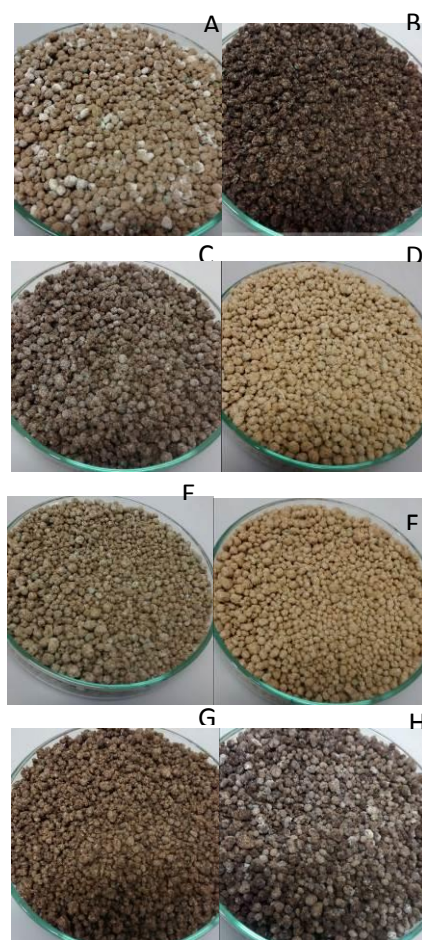


Figura 3. Fertilizantes organominerais fosfatados preparados com diferentes fontes de carbono. Legenda: A: CF + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; B: CS + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; C: Resíduo de peneira (suíno) + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; D: Farinha de ossos de aves + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; E: Farinha de ossos de suínos + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; F: Farinha de ossos de bovinos + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; G: Composto de hortaliças com esterco de cavalo + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido; H: Composto produzido à base de gramíneas + Fonte mineral de P + Aluminossilicato + Aditivos + 2% Silicato líquido.

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem concluir que, para a produção de fertilizantes, não é necessário moer a cama de frango bruta em malhas de peneira acima de 10 Mesh para melhoria da dureza do fertilizante organomineral granulado, o que pode gerar uma economia no consumo de energia. Além disso, foi evidenciado o potencial de matérias-primas alternativas como CH, CS, CG e CF para a produção de fertilizantes organominerais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de iniciação científica, a toda a minha família e ao meu namorado Bernardo, pelo apoio em todos os momentos.

REFERÊNCIAS

ABISOLO. **Plano Nacional de Biomassa. 44a Reunião da Câmara Temática de Insumos Agropecuários – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Palestra técnica, 16 novembro, 2009.** Brasília, DF, 2010.

BENITES, V. de M.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. **Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro:** anais. Viçosa: SBCS, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.23, de 31 de agosto de 2005.** Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, n.173, 08. set. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos.** Brasília, DF, 2014. 220 p.

REIS JUNIOR, R. dos A.; SILVA, D. R. G. Avaliação das características físicas e físico-químicas de fertilizantes nitrogenados e fosfatados revestidos por polímeros. **Revista Magistra**, Cruz das Almas, v. 24, n. 2, p. 145-150, abr./jun. 2012.

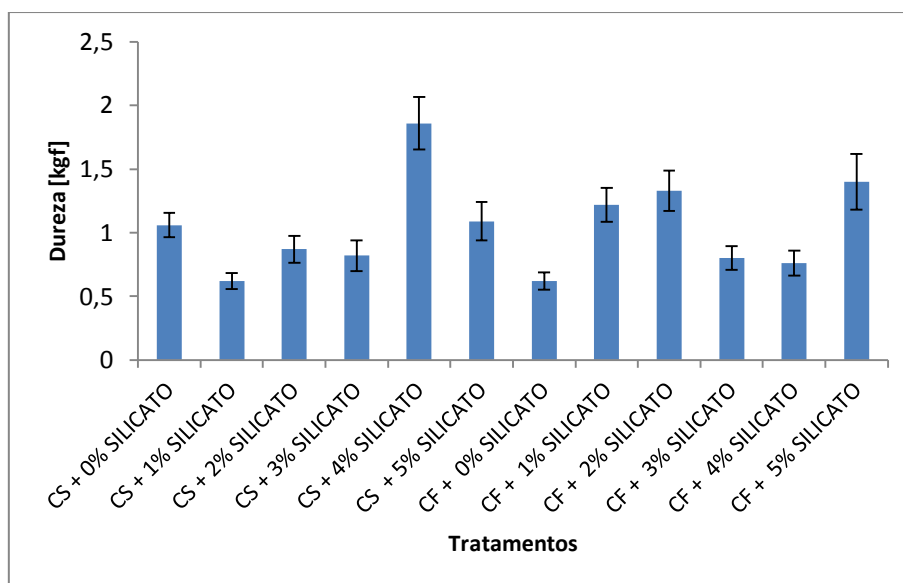


Figura 1. Dureza das combinações de fertilizantes organominerais granulados contendo como fonte de carbono cama de frango (CF) ou composto suíno (CS) contendo uma fonte mineral de fósforo e aditivos com adição de solução de silicato de sódio em diferentes concentrações.

Classificação orientada a objetos para mapeamento do uso da terra em paisagem fragmentada de Mata Atlântica, RJ⁽¹⁾

Teule Lemos Branco⁽²⁾; Elaine Cristina Cardoso Fidalgo⁽³⁾; Carolina Chiarello de Andrade⁽⁴⁾; Rachel Bardy Prado⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq

⁽²⁾ Bolsista PIBIC/CNPq; Universidade Federal Fluminense; Niterói, RJ. E-mail: teulemos@gmail.com

⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Contato: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

⁽⁴⁾ Estudante, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

RESUMO: O uso múltiplo da terra no bioma Mata Atlântica resulta na fragmentação da paisagem. O conhecimento dessa paisagem e seus componentes é necessário para o planejamento e gestão do uso das terras visando ao uso sustentável dos recursos naturais. O objetivo deste trabalho foi mapear o uso e cobertura da terra no Assentamento Rural São José da Boa Morte, aplicando a abordagem orientada a objetos (GEOBIA) em uma imagem de alta resolução. A segmentação e a classificação foram aplicadas às quatro bandas multiespectrais do satélite World-View II e às suas principais componentes (PC). O método aplicado permitiu identificar que os atributos que mais contribuíram para a classificação foram: as médias das PC 2, 3 e 4, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e a Matriz de Co-ocorrência de Níveis de Cinza, um atributo de textura. A classificação final não distinguiu áreas agrícolas de pastagens, sendo proposto o emprego de séries temporais de imagens orbitais para obter melhores resultados.

Termos para indexação: GEOBIA; imagem orbital de alta resolução, segmentação de imagem.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada como um “hotspot”, encontra-se em forte processo de degradação apresentando apenas 7,5% de sua vegetação primária (MYERS et al., 2000). O uso múltiplo da terra nesse bioma resulta na fragmentação da paisagem e, conseqüentemente, na perda da biodiversidade. Nesse contexto, o conhecimento dessa paisagem e seus componentes é necessário para o planejamento e gestão do uso das terras visando ao uso sustentável dos recursos naturais (PEIXOTO et al., 2012).

Os sistemas de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizados no mapeamento da cobertura terrestre e no monitoramento dos recursos naturais, isso porque as imagens obtidas por satélites permitem a extração de informações utilizando técnicas de classificação multiespectral (AFFONSO et al., 2012).

De acordo com Zhong et al. (2005), as imagens coletadas por satélites de alta e média resolução fornecem dados detalhados sobre a superfície terrestre, sendo que as metodologias convencionais de classificação baseadas no pixel podem não fornecer resultados satisfatórios e reduzir a precisão da classificação. Uma opção é a abordagem orientada a objetos (Geographic Object-based image analysis, GEOBIA). A GEOBIA consiste em duas etapas, a de segmentação e de classificação. A etapa de segmentação agrupa os pixels em um conjunto, gerando diferentes objetos, e a classificação é feita com base nos objetos criados na etapa anterior. Nessa nova análise, além da informação espectral, pode-se fazer uso de parâmetros como a forma do objeto, a área, a densidade, a relação com os objetos vizinhos e a textura (HAY; CASTILLA, 2006).

Este trabalho foi desenvolvido tendo como objetivo aplicar a abordagem orientada a objetos, em uma imagem de alta resolução, para mapear o uso e cobertura da terra no Assentamento Rural São José da Boa Morte, no Município de Cachoeira de Macacu, RJ, no bioma Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

O assentamento rural São José da Boa Morte, com 3.716,13 hectares, está localizado no Estado do Rio de Janeiro, no Município de Cachoeiras de Macacu, Brasil. A área de estudo engloba a área do assentamento e uma faixa ao longo do seu limite, totalizando 10.222 ha.

Foi utilizada imagem do sensor Worldview®- II em 1º de julho de 2012 com resolução espacial de 2 metros, com as bandas Azul (450 - 510 nm), Verde (510 - 580 nm), Vermelho (630 - 690 nm) e Infravermelho Próximo 1 (770 - 895 nm).

Afim de auxiliar na classificação da imagem, foi realizado o processamento dos Principais Componentes das bandas multiespectrais originais.

A segmentação e a classificação orientada a objetos foram realizadas utilizando o programa eCognition Developer. Para isso, foram utilizadas as quatro

bandas espectrais mencionadas acima, e as quatro principais componentes.

A escolha da legenda teve como base as classes de uso e cobertura da terra passíveis de identificação na imagem utilizada, considerando sua resolução espacial, temporal e espectral, sendo elas: água; sombra; solo exposto; floresta; vegetação arbustiva; estradas e áreas antrópicas agrícolas.

Foi observado que objetos pertencentes a uma mesma classe podem ter comportamentos espectrais diferentes. Tendo isso em vista, as classes foram divididas em subclasses, de forma a manter maior homogeneidade entre os seus componentes.

Tendo o conhecimento prévio da área a ser classificada, foram coletadas amostras para cada subclasse, a partir das quais foram obtidos os valores de diversos atributos. Entre os atributos disponíveis, há os derivados das propriedades espectrais, da geometria e da textura dos objetos.

Utilizando ferramentas disponíveis no programa, foi obtido o histograma dos diversos atributos do conjunto de amostras selecionadas para cada subclasse, e também comparados os histogramas de diferentes subclasses. A variação dos valores nos histogramas de cada atributo dos objetos foi analisada para a escolha daqueles que melhor representavam as subclasses, considerando maior homogeneidade interna e diferenciação com outras classes.

A partir da seleção desses atributos, foram definidas as funções de pertencimento e os limites máximo e mínimo que melhor definissem a subclasse.

A classificação baseou-se na análise dos atributos e na definição do conjunto de regras organizadas em uma árvore de decisão, a qual foi aplicada sobre o conjunto de objetos para discriminar a subclasse correspondente.

A árvore de decisão permitiu realizar a classificação em etapas, sendo que, a cada etapa, uma subclasse era analisada, e os objetos que pertenciam a ela, classificados. Nas etapas subsequentes, a análise e a classificação de outra subclasse consideravam apenas o conjunto de objetos ainda não classificados nas etapas anteriores. Após a classificação de todas as subclasses, elas foram agrupadas em suas respectivas classes.

Neste trabalho, utilizando dados de referência obtidos em campo, uma matriz de erro foi elaborada para análise da exatidão de classificação (CONGALTON, 1991; STORY; CONGALTON, 1991 citados por FIDALGO, 1995, p. 47).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de segmentação, o melhor resultado foi obtido empregando as bandas multiespectrais, na escala 30, cor 0,3 e compacidade 0,5. Os atributos selecionados e utilizados para a classificação das subclasses são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos utilizados para a descrição de cada subclasse.

Subclasse	Atributos
Água clara	Média PC2; Média PC3; Menor valor do pixel de NIR e; Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN).
Água escura	Média PC2; Média PC3 e; Menor valor do pixel de NIR
Solo exposto 1, 2, 3, 4, 5 e 6	Média PC3 e; IVDN.
Solo exposto encharcado	Brilho; Média PC3 e; IVDN
Estradas	Média PC3, IVDN e; Matriz de Co-ocorrência de Níveis de Cinza (Gray Level Co-occurrence Matrix, GLCM) Dissimilaridade (<i>quick 8/11</i>) aplicado à todas as bandas (todas as direções).
Sombra 1	Brilho; Média PC3 e; Média PC2
Sombra 2	Brilho; IVDN e; GLCM Dissimilaridade (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda NIR (todas as direções).
Floresta 1	Média PC4 e; GLCM Média (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda Vermelha (todas as direções).
Floresta clara	Média PC4; IVDN; GLCM Média (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda PC3 (todas as direções) e; GLCM Dissimilaridade (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda NIR (todas as direções).
Floresta escura	Média PC3; GLCM Média (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda PC3 (todas as direções) e; GLCM Dissimilaridade (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda NIR (todas as direções).
Vegetação Arbustiva	GLCM Média (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda PC3 (todas as direções); GLCM Média (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda NIR (todas as direções) e; GLCM Dissimilaridade (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda NIR (todas as direções).
Área Antrópicas Agrícolas 1	GLCM Média (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda PC3 (todas as direções) e; Brilho
Área Antrópicas Agrícolas 2	GLCM Dissimilaridade (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda NIR (todas as direções) e; Média PC3
Área Antrópicas Agrícolas 3	GLCM Média (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda PC3 (todas as direções); GLCM Dissimilaridade (<i>quick 8/11</i>) aplicado à banda NIR (todas as direções); e IVDN

O uso dos principais componentes 2, 3 e 4 mostrou-se eficaz para auxiliar na classificação da imagem. Podemos dar destaque ao PC3, que se mostrou eficaz para identificação do solo exposto, como averiguado no estudo realizado por Castro et al. (2017).

Os atributos de textura foram importantes para diferenciar a floresta da vegetação arbustiva, e também a vegetação arbustiva da área antrópica agrícola.

Na Figura 1, é apresentado um detalhe da classificação final da área de estudo ao lado de uma composição colorida da imagem utilizada. Na Figura 2, a classificação do uso e cobertura da terra de toda a área de estudo é apresentada.

A totalização da área de cada classe mostra o predomínio de áreas antropizadas na paisagem, restando apenas 21% de áreas de floresta. O uso antrópico agrícola, que reúne pastagens e áreas de cultivo com culturas anuais e permanentes, totalizou 41,2% da área do assentamento. As áreas não classificadas totalizaram 20%, mostrando a existência de objetos cujas características não puderam ser associadas às classes identificadas.

A análise de exatidão mostrou que as áreas de cultura anual foram classificadas em sua maioria como área antrópica agrícola ou solo exposto. Tendo em vista que essas áreas estão em pousio ou em fase de produção ao longo do ano, uma análise temporal pode contribuir para sua delimitação. As áreas de cultura perene apresentam uma grande heterogeneidade, pertencendo a diferentes classes, e a grande maioria não foi classificada, exigindo novas análises e definições das funções de pertencimento para a classificação mais precisa. As áreas de reflorestamento foram classificadas como florestas equivocadamente, demonstrando a semelhança espectral entre os objetos. A pastagem e floresta obtiveram bons resultados na análise de exatidão, apresentando respectivamente 87% e 71% de acerto.

CONCLUSÕES

A metodologia empregada permitiu a delimitação das classes de uso selecionadas. O resultado da classificação apresenta forte dependência da capacidade do operador de definir os atributos, as funções de pertencimento e seus limites. O conhecimento prévio da área estudada também se mostrou de grande importância para esse resultado.

Para auxiliar na delimitação e mapeamento de áreas agrícolas, pretende-se utilizar, em continuação a este trabalho, informações obtidas em séries temporais de imagens orbitais.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq, pela bolsa oferecida no período de julho de 2016 até julho de 2017, e à Embrapa Solos pelo estágio oferecido e pelos aprendizados. À Elaine Fidalgo pela orientação. Agradeço a todos os profissionais do NGeo pelo apoio, à pesquisadora Rachel Bardy e à estagiária Carolina Chiarello, pela ajuda no desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

- , J. J.; SILVA, M. S.; GALO, M. de L. T. Classificação da cobertura da terra a partir de segmentação de imagens derivadas de bandas espectrais originais do WorldView-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA, 3., 2012, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista, 2012. p. 101-106.
- CASTRO, L. F. de; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B. Análise orientada a objetos aplicada a imagem de alta resolução para identificação de solo exposto em ambiente montanhoso de Mata Atlântica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2017. p. 1518-1525.
- FIDALGO, E. C. C. **Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata atlântica no estado de São Paulo, a partir de imagens TM-Landsat**. 1995. 167 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- HAY, G. J.; CASTILLA, G. Object-Based Image Analysis: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT). **International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 36-4/C42, 2006. Edition of the 1st International Conference on Object-Based Image Analysis, Salzburg, 2006.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, Feb. 2000.
- PEIXOTO, R. T. dos G.; WESENBERG, J.; BALIEIRO, F. de C.; SATTLER, D. K.; NAEGELI, F. E.; FONTANA, A.; FIDALGO, E. C. C.; ALBINO, J. C. T.; KOCH, G. M.; CESÁRIO, F. V. Uso da terra e dos recursos naturais relacionados à dinâmica da paisagem e indicadores para subsidiar o planejamento agroambiental em áreas de Mata Atlântica. Resultados parciais preliminares da bacia do Guapi-Macacu. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DO PARQUE ESTADUAL DOS TRÊS PICOS, 2., 2012, Cachoeiras de Macacu. **Resumos...** Rio de Janeiro: INEA, 2012. p. 8-11.
- ZHONG, C.; ZHONGMIN, Z.; DONGMEI, Y.; RENXI, C. Multi-scale segmentation of the high resolution remote sensing image. In: IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 2005, Seoul. **Proceedings...** Seoul: IEEE, 2005. p. 3682-3684.

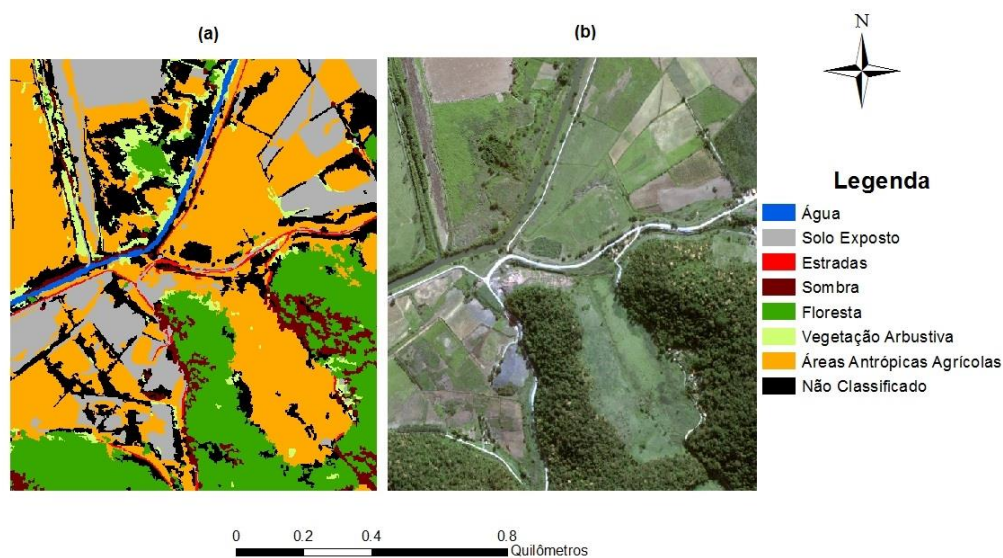


Figura 1. Recorte de parte da área de estudo representada em: a) composição colorida das bandas Vermelho (R), Verde (G), Azul (B) do sensor WorldView II de 1º de julho de 2012; e b) resultado do processo de classificação realizado.

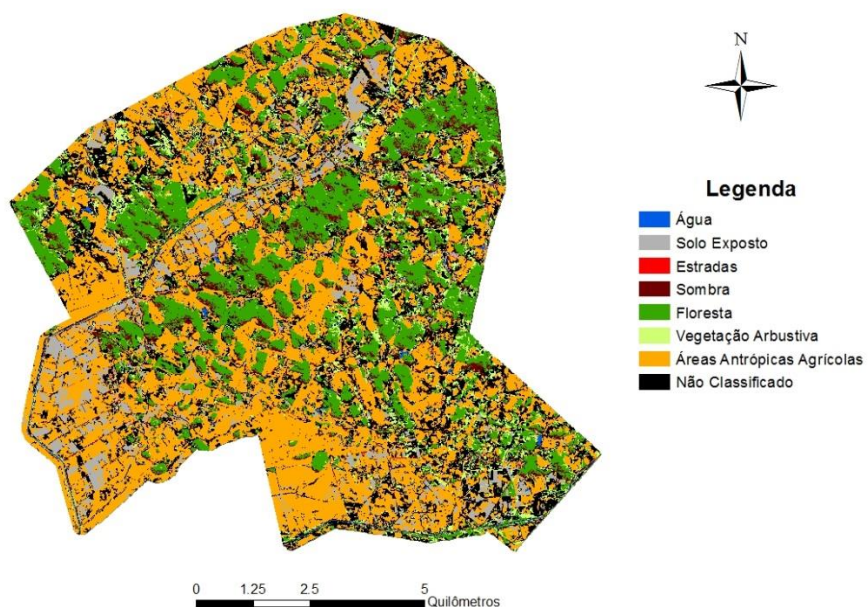


Figura 2. Uso e cobertura da terra do Assentamento São José da Boa Morte.

A Embrapa Solos torna público edital para seleção de candidatos ao **cadastro de reserva** do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq), vigência 2017/2018.

I – CONCEITO

A Iniciação Científica (IC) é um instrumento que permite introduzir, na pesquisa científica, os estudantes de graduação potencialmente mais promissores. É a possibilidade de colocar o aluno, desde cedo, em contato direto com a atividade científica e engajá-lo na pesquisa. Caracteriza-se como instrumento de apoio teórico e metodológico à realização de um projeto de pesquisa e constitui um canal adequado de auxílio para a formação do aluno. Em síntese, a IC pode ser definida como instrumento de formação e, ao mesmo tempo, como forma de:

- a) Introduzir o aluno no mundo da pesquisa.
- b) Estimular o pesquisador a formar equipes.

A IC é um dever da instituição, e não uma atividade eventual. É isso que permite tratá-la separadamente da bolsa de iniciação científica, já que a IC se torna um instrumento básico de formação, ao passo que a bolsa é um incentivo individual que se operacionaliza como estratégia exemplar de financiamento seletivo aos melhores alunos vinculados a projetos desenvolvidos pelos pesquisadores no contexto da graduação ou pós-graduação. Pode-se considerar a bolsa de iniciação científica como instrumento abrangente de fomento à formação de recursos humanos. Nesse sentido, não se pode querer que todo aluno em atividade de IC tenha bolsa. É fundamental compreender que a IC é uma atividade mais ampla que sua pura e simples realização mediante pagamento de bolsa.

II – PERFIL

O Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) está centrado na IC de novos talentos, em todas as áreas do conhecimento. Voltado para o aluno de graduação, e servindo de incentivo à formação de novos pesquisadores, o programa privilegia a participação ativa de alunos em projetos de pesquisa com qualidade acadêmica, mérito científico e orientação adequada, individual e continuada. Os projetos culminam com um trabalho final avaliado e valorizado, com vistas à continuidade da formação acadêmica do aluno, de modo particular na pós-graduação.

III – INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O PROGRAMA**Objetivos**

1. Proporcionar ao bolsista, orientado por pesquisador qualificado num grupo de pesquisa, a aprendizagem de técnicas e métodos científicos, bem como estimular o desenvolvimento do pensar e da criatividade decorrentes das condições criadas pelo confronto direto com os problemas da pesquisa.
2. Estimular pesquisadores produtivos a orientar estudantes de graduação, iniciando-os na produção do conhecimento.
3. Preparar clientela qualificada para os programas de pós-graduação e aprimorar o processo de formação de profissionais para o setor produtivo, reduzindo o tempo médio de titulação de mestres e doutores.
4. Contribuir para que diminuam as disparidades regionais na distribuição da competência científica no País.

V – DOCUMENTOS PARA INSCRIÇÃO

1. Formulário de Inscrição do Orientador e Bolsista (Anexo 1).
2. Plano de trabalho impresso e arquivo eletrônico conforme roteiro (Anexo 2).
3. Formulário de Avaliação do *Currículo Lattes* do orientador (Anexo 3).
4. Modelo de declaração de disponibilidade de cumprimento de carga horária e não acumulo de bolsa (Anexo 4).
5. Termo de responsabilidade para uso da caixa postal individual (Anexo 5).
6. Termo de autorização para utilização de recursos de tecnologia da informação (Anexo 6).
7. Histórico Escolar atualizado.
8. Comprovante de matrícula atualizado.
9. Cópia de CPF, RG do candidato à bolsa e comprovante de residência que contenha o número do CEP.
10. Currículo Lattes atualizado do orientador (atualização realizada há pelo menos 6 meses).
11. Currículo Lattes atualizado do candidato à bolsa (atualização realizada há pelo menos 6 meses). O CNPq se comunica com o bolsista por e-mail cadastrado no Curriculum Lattes.
12. O bolsista tem que ter uma conta corrente aberta no Banco do Brasil, obrigatoriamente, para recebimento da bolsa. Essa conta não pode ser do tipo poupança ou conjunta. Caso o estudante ainda não tenha conta bancária até o

momento do registro de aceite no site do CNPq, deverá informar a agência do Banco do Brasil para receber o primeiro pagamento, por meio de contrarecibo, ou seja, diretamente na agência cadastrada, mediante apresentação dos documentos pessoais, porém deverá regularizar a situação bancária para receber os próximos pagamentos.

13. Declaração do candidato de que tem disponibilidade de tempo para cumprir uma carga horária de 20 horas semanais nas atividades de pesquisa e que não acumula bolsas (Anexo 4).

VI – PROCESSO DE SELEÇÃO DAS BOLSAS E CRITÉRIOS DE DESEMPATE

Esse processo constitui uma das etapas mais importantes do Programa e está sendo usado para construção para **cadastro de reserva**, seguindo os mesmos critérios da seleção normal. Deve ser o mais transparente possível, com critérios amplamente discutidos e divulgados. Será conduzido pelo Comitê Técnico Interno (CTI) da Unidade e pelo CIBE (Comitê Interno de Bolsistas e Estagiários), com a participação de membros externos ao comitê.

Deverá obedecer aos requisitos estipulados na Resolução Normativa 017/2006 (Anexos II e III), que poderão ser consultados no endereço: <http://www.cnpq.br/normas>.

O processo de seleção será dividido em duas etapas: 1) avaliação do plano de trabalho do aluno (Anexo 2); e 2) *currículo Lattes* do orientador (período 2012 a 2017) (Anexo 3).

O roteiro para elaboração do plano de trabalho encontra-se no final deste edital (Anexo 2).

Para obtenção da nota final de cada proposta, será aplicada a seguinte fórmula:

$$[(\text{Notas normalizadas do Plano de trabalho}) + (\text{Notas normalizadas do Currículo Lattes do orientador})] \div 2 = \text{Nota Final}$$

Os projetos de pesquisa serão analisados e homologados pelo Comitê Técnico Interno (CTI) da Embrapa Solos, em que a nota do plano de trabalho será resultante da média das notas dos membros avaliadores.

Uma mesma proposta não poderá ser submetida mais de uma vez ao mesmo edital de seleção.

Os planos de trabalho apresentados pelos orientadores deverão estar vinculados a Projetos dos Macroprogramas ou a projetos externos, apropriados no Sistema Embrapa de Gestão (SEG).

O CTI deverá avaliar e julgar apenas os planos de trabalho dos bolsistas. Os projetos dos orientadores não estão sob julgamento no âmbito desse comitê.

Os orientadores que apresentaram mais de uma inscrição, o candidato com menor avaliação no Plano de Trabalho será ranqueado após o último com inscrição unitária de orientador.

Os bolsistas considerados aptos para composição do **cadastro de reserva**, poderão ser contemplados tanto para substituição dos atuais bolsistas como para iniciar com uma vaga adicional à cota da Unidade, caso seja aprovada.

O orientador que esteja contemplado na cota da Unidade e queira inscrever candidatos ao **cadastro de reserva**, deve estar em dia com os relatórios parcial e final do seu bolsista. A falta do cumprimento desta exigência o desclassificará.

Os critérios de desempate, em ordem decrescente, são:

1. Nota do plano de trabalho.
2. Nota do currículo do orientador.

VII – DAS BOLSAS PIBIC

- FORMA DE CONCESSÃO, DURAÇÃO E VALOR DA MENSALIDADE DA BOLSA PIBIC.

As bolsas de IC são concedidas, sob a forma de cotas, previamente determinadas pelo CNPq através de solicitação institucional. Porém, este Edital em caráter excepcional, será destinado a formação de **cadastro de reserva**. Para indicação ao Programa será obedecida a colocação do candidato, em ordem decrescente, até completar o número de bolsas disponíveis.

A bolsa, uma vez concedida, poderá ter vigência de um período máximo de 24 meses.

O valor da mensalidade é estipulado pelo CNPq. É vedada a divisão da mensalidade de uma bolsa entre dois ou mais bolsistas ou a utilização dela para compras de materiais, abono de faltas e atrasos e/ou qualquer outra finalidade relacionada ao desenvolvimento do plano de trabalho.

- SUBSTITUIÇÃO E CANCELAMENTO DE BOLSAS

A substituição de bolsista e o cancelamento da bolsa poderão ser solicitados pelo orientador a qualquer momento. A indicação do novo bolsista deverá ser feita no momento do pedido de substituição, ou no máximo 30 dias após o pedido do cancelamento.

VIII – ATRIBUIÇÕES E COMPROMISSOS**Do Orientador**

1. Ter título de mestre ou doutor.
2. Ter experiência compatível com a função de orientador e formador de recursos humanos qualificados.
3. Estar cadastrado na plataforma Lattes e no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq.
4. Ser pesquisador ou analista do quadro funcional da Embrapa Solos, ser líder ou responsável por plano de ação e/ou atividade de projetos vinculados aos Macroprogramas da Embrapa ou em projetos externos quando apropriados no SEG, com expressiva produção científica e tecnológica nos últimos 5 (cinco) anos, divulgada nos principais veículos de comunicação da área.
5. Orientar o(s) bolsista(s) nas distintas fases do trabalho científico, incluindo a elaboração de plano de trabalho, relatórios (parcial e final) e material para apresentação dos resultados no livro de resumos, em seminários, congressos, etc.
6. Fornecer material necessário para o desenvolvimento do plano de trabalho, assim como para elaboração de relatórios e apresentação de resultados em seminários e congressos.
7. Acompanhar as apresentações dos relatórios técnicos, parcial e final, feitas pelos bolsistas, por ocasião da pré-avaliação (seis meses após o início da bolsa) e do Seminário de Resultados Finais de Bolsistas de IC.
8. Incluir o nome dos bolsistas de IC nas publicações e nos trabalhos apresentados em congressos e seminários, cujos resultados tiveram a participação efetiva dos bolsistas.
9. Estar presente nas apresentações orais, parciais e anuais, feitas pelo(s) bolsista(s), por ocasião do Seminário de IC.

10. Comunicar imediatamente ao CTI a inadimplência do bolsista, considerando-se o não cumprimento de suas atividades e responsabilidades. Além disso, a ausência do bolsista não poderá exceder a 60 dias consecutivos. Esses procedimentos são necessários para que se possa cancelar a bolsa ou substituir o aluno.

11. Observar datas e prazos estipulados para: apresentação dos relatórios, parcial e final; participação na apresentação; entrega dos resumos expandidos para publicações nos anais do seminário PIBIC da Unidade; substituição de bolsista; etc.

OBSERVAÇÕES:

- As justificativas para o não cumprimento dos itens anteriores deverão ser encaminhadas por escrito pelo orientador ao comitê, que avaliará a pertinência destas.
- O não cumprimento das atribuições acima citadas implicará na inelegibilidade do orientador no edital de seleção do ano subsequente.
- O Plano de Trabalho do candidato deverá prever que suas atividades sejam realizadas em local, cidade ou estado, que permita acompanhamento presencial frequente por parte do orientador.

Do Bolsista

1. Ser brasileiro nato ou naturalizado; quando estrangeiro, ter visto permanente.
2. Estar regularmente matriculado em curso de graduação.
3. Não ser do mesmo círculo familiar do orientador.
4. Não ter vínculo empregatício e dedicar-se integralmente às atividades acadêmicas e de pesquisa.
5. Tomar ciência das normas do Programa de Iniciação Científica e assinar "Termo de Compromisso" com a Embrapa e com a instituição de fomento.
6. Apresentar os resultados, parciais e finais, da pesquisa, sob forma de exposição oral, acompanhada de relatórios, por ocasião dos seminários de IC.
7. Mencionar, nas publicações e trabalhos apresentados, que é bolsista de IC do CNPq por meio da Embrapa Solos.
8. Estar recebendo apenas essa modalidade de bolsa, sendo vedada a acumulação desta com a de outra agência, ou com qualquer tipo de trabalho remunerado ou monitoria na instituição.
9. Devolver ao CNPq, em valores atualizados, a(s) mensalidade(s) recebida(s) indevidamente, caso os requisitos e compromissos estabelecidos acima não sejam cumpridos.

10. O bolsista deve comunicar ao orientador, por escrito, sua ausência no Seminário Técnico previstos neste edital e o orientador deve encaminhar com um parecer para o CTI.

OBSERVAÇÕES:

- As justificativas para o não cumprimento dos itens anteriores deverão ser encaminhadas por escrito ao orientador, que deverá enviá-las ao comitê para avaliação de sua pertinência.
- O não cumprimento das atribuições acima citadas implicará na inelegibilidade do bolsista no edital de seleção do ano subsequente.

Da Embrapa Solos, por meio do CTI.

O CTI, entre outras atribuições, é responsável pelo acompanhamento das ações do Programa, bem como pelo estabelecimento de critérios para a seleção e avaliação dos bolsistas, orientadores e dos planos de trabalho, observadas as diretrizes da formação de novos talentos.

1. Recolher, aos 6 (seis) e 12 (doze) meses de vigência da bolsa, relatórios parcial e final, respectivamente, das atividades desenvolvidas pelos bolsistas para que sejam analisados: participação, desempenho e resultados obtidos.
2. Organizar e realizar junto à supervisão de transferência de tecnologia da Unidade e o CIBE (Comitê Interno de Bolsistas e Estagiários), no final da vigência do programa anual, o Seminário de IC, onde serão analisados o desempenho científico dos bolsistas e o cumprimento do cronograma proposto, bem como os resultados finais.
3. Encaminhar ao CNPq, ao final de cada ano do programa, relatório das atividades desenvolvidas, conforme modelo específico dos programas, bem como as demais correspondências que se fizerem necessárias.
4. Estabelecer calendário de atividades que atenda aos itens acima mencionados, procurando otimizar as avaliações em parceria com o CIBE.

IX – INFORMAÇÕES E INSCRIÇÕES

No Setor de Gestão de Pessoas (SGP), pelo e-mail: cnps.sgp@embrapa.br ou pelo telefone 2179 4541 – com Lígia Brandão.

X – CALENDÁRIO

ATIVIDADE	PRAZO
Inscrição	21 de junho a 7 de julho de 2017. Horário para entrega da documentação: De 2ª a 6ª das 9h às 11h / 14h às 16h
Divulgação do resultado	Até dia 14 de julho de 2017. Através do site https://www.embrapa.br/solos

Anexo 1 – Ficha de Inscrição para seleção de Bolsistas PIBIC/CNPq 2016-2017

Identificação do Candidato

Nome completo	
CPF	
Data de nascimento	
Sexo	
Horário do Curso	() Matutino () Vespertino () Noturno
Raça	() Amarela () Branca () Indígena () Parda () Negra
Necessidades Especiais	() Não () Sim. Tipo:
Nº Título de eleitor	
Seção eleitoral	
Zona eleitoral	
PIS	
Nº Passaporte	
Data de Validade do Passaporte	
Grupo Sanguíneo	() A () B () AB () O
Fator RH	() Positivo () Negativo
Naturalidade	
Nacionalidade	
Nº da Carteira de Identidade	
Órgão expedidor / Estado	
Data de expedição	
E-mail particular (obrigatório)	
Endereço residencial completo	
Bairro	
Cidade/Estado	
Telefone	
CEP	
Conta Corrente (caso possua)	
Nome da Agência	
Nº da Agência	
Situação do Bolsista (Novo ou Renovado)	
Instituição de Ensino	
Curso e Período que está cursando	
Semestre e ano de início e semestre e ano previsto de conclusão	Semestre e Ano de início: Semestre e Ano de conclusão:

Identificação do Orientador

Nome completo s/abreviatura	
CPF	
Data de nascimento	
Sexo	
Nacionalidade	
Carteira de Identidade	
Órgão expedidor e UF	
Data emissão	
Título (Mestre ou Doutor)	
Endereço residencial completo	
Cidade/Estado	
DDD e Fone	
CEP	
Matrícula na Embrapa	
Ramal na Embrapa	

Identificação do Projeto

Número do Projeto	
Título do Projeto de pesquisa do aluno	
Área (*)	
Palavras-chave (3)	

Data:

Assinatura do Candidato:

Assinatura do Orientador:

Reservado ao CTI: () selecionado () não selecionado

Anexo 2 – Roteiro para elaboração do Plano de Trabalho

O plano de trabalho deve ser elaborado no formulário padrão, conforme modelo disponibilizado, em no máximo 5 (cinco) páginas, conforme roteiro a seguir:

Folha A4, fonte Times New Roman, tamanho 12, 2,5 cm de margem nas quatro extremidades.

- 1) Resumo – No máximo 200 palavras contendo a síntese do plano de trabalho.
- 2) Justificativa – Enfatizar a importância do trabalho e a relação com o projeto do orientador.
- 3) Introdução – Descrição sucinta do tema de estudo utilizando referências bibliográficas recentes.
- 4) Objetivo – Deve ser claro, pode ser ou não dividido em objetivo geral e específico.
- 5) Material e Métodos – Descrição detalhada dos materiais utilizados e dos métodos adotados.
- 6) Referências Bibliográficas – Normalizadas de acordo com a Norma ABNT 6023 – Informação e Documentação – Referências – Elaboração.
- 7) Cronograma de Execução Detalhado – Instrumento para acompanhamento das atividades.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS PLANOS DE TRABALHO

Item	Pontos
Título	5
Resumo	10
Justificativa	20
Introdução	15
Objetivos	10
Material e Métodos	25
Referências Bibliográficas	5
Cronograma/Exequibilidade	10
TOTAL	100

Anexo 3 – Critério de avaliação dos currículos dos orientadores

A avaliação da pontuação do currículo do orientador será restrita ao currículo atualizado na Plataforma Lattes e enviado ao Setor de Gestão de Pessoas (SGP) no ato da inscrição das propostas. A pontuação do currículo Lattes do orientador será avaliada conforme escala de valores abaixo especificada. A pontuação do Currículo Lattes do orientador limitar-se-á ao valor máximo de 100 (cem) pontos.

- I. Titulação Acadêmica – até dez (10) pontos
- II. Produção Científica nos últimos 5 anos – até trinta (30) pontos
- III. Produção Técnica nos últimos 5 anos – até trinta (30) pontos
- IV. Atividades de Ensino e Transferência de Tecnologia nos últimos 5 anos – até trinta (30) pontos

	TÍTULO	VALOR
I – Formação Acadêmica (pontuação máxima = 10 pontos)	1) Doutorado	10,0
	2) Mestrado	5,0
II – Produção Científica nos últimos 5 anos (pontuação máxima = 30 pontos)	3) Autoria de livro com ISBN, como autor (pontos por publicação)	1,6
	4) Publicação de livro com ISBN, como coautor (pontos por publicação)	0,8
	5) Publicação de capítulo de livro com ISBN, como autor (pontos por capítulo)	0,8
	6) Publicação de capítulo de livro com ISBN, como coautor (pontos por capítulo)	0,4
	7) Publicação (ou aceite comprovado) de trabalho científico em periódico qualificado na Capes como Qualis A, como autor (pontos por publicação)	1,6
	8) Publicação (ou aceite comprovado) de trabalho científico em periódico qualificado na Capes como Qualis A, como coautor (pontos por publicação)	0,8
	9) Publicação (ou aceite comprovado) de trabalho científico em periódico qualificado na Capes como Qualis B, como autor (pontos por publicação)	0,8
	10) Publicação (ou aceite comprovado) de trabalho científico em periódico qualificado na Capes como Qualis B, como coautor (pontos por publicação)	0,4
	11) Trabalho completo publicado em anais de congresso, como autor (pontos por trabalho)	0,4
	12) Trabalho completo publicado em anais de congresso, como coautor (pontos por trabalho)	0,2
	13) Resumo expandido publicado em anais de congresso, como autor ou coautor (pontos por resumo, limitado ao total de 5,0 pontos)	0,16
	14) Resumo publicado em anais de congresso, como autor ou coautor (pontos por resumo, limitado ao total de 3,0 pontos)	0,08
	TÍTULO	VALOR

III – Produção Técnica nos últimos 5 anos (pontuação máxima = 30 pontos)	15) Autoria ou coautoria de artigo de divulgação, resumos ou opinião, publicado em revistas, boletins informativos, anais ou jornais (pontos por artigo, limitado ao total de 2,0 pontos)	0,08
	16) Patente registrada (ou depositada), como primeiro autor (pontos por patente)	1,6
	17) Patente registrada (ou depositada), como segundo ou demais autores (pontos por patente)	0,8
	18) Autoria de desenvolvimento de tecnologias (produtos e processos) na forma de variedades/cultivares, híbridos, clones, raças, tipos, processos agroindustriais, práticas e processos agropecuários, softwares patenteados, insumos agropecuários, máquinas e equipamentos, metodologias científicas	0,8
	19) Coautoria de desenvolvimento de tecnologias (produtos e processos) na forma de variedades/cultivares, híbridos, clones, raças, tipos, processos agroindustriais, práticas e processos agropecuários, softwares patenteados, insumos agropecuários, máquinas e equipamentos, metodologias científicas	0,4
	20) Autoria de publicações seriadas (circulares, boletins e comunicados técnicos, documentos, sistemas de produção, recomendações técnicas), vídeos e softwares	0,8
	21) Coautoria de publicações seriadas (circulares, boletins e comunicados técnicos, documentos, sistemas de produção, recomendações técnicas), vídeos e softwares na subárea do concurso	0,4
IV – Atividades de Ensino e Transferência de Tecnologia nos últimos 5 anos (pontuação máxima = 30 pontos)	22) Atividade docente em instituição de ensino superior, em cursos de graduação, extensão, aperfeiçoamento, especialização ou pós-graduação (pontos por semestre letivo completo)	0,75
	23) Orientação de tese de doutorado aprovada (pontos por tese)	1,5
	24) Orientação de dissertação de mestrado aprovada (pontos por dissertação)	0,75
	25) Co-orientação de doutorado aprovada (pontos por tese)	0,75
	26) Co-orientação de mestrado aprovada (pontos por dissertação)	0,50
	27) Orientação de alunos de graduação (pontos por aluno/semestre)	0,25
	28) Organização de eventos (congressos, simpósios e workshops) (pontos por evento)	0,15

Anexo 4 – Modelo de declaração de disponibilidade de cumprimento de carga horária e não acumulo de bolsa

Rio de Janeiro, de de 2016.

DECLARAÇÃO

Eu, (nome do aluno), CPF (nº do CPF), estudante do curso de graduação em (nome do curso) do (a) (nome da Instituição de Ensino), declaro possuir disponibilidade para cumprir carga horária de 20 (vinte) horas semanais nas atividades de pesquisa e não acumular bolsas.

Nome do Bolsista

Anexo 5 – Termo de responsabilidade para uso da caixa postal individual

Declaro ter conhecimento da Norma nº037.012.002.001 intitulada “Uso do correio eletrônico na Embrapa” e da instrução de Serviço DTI Nº 3, de 24 de agosto de 2012 que regulamentam a utilização do serviço de Correio Eletrônico da Embrapa, comprometendo-me a cumprir as suas disposições.

Nome da Caixa Postal Individual (Não preencher): _____

Nome do Usuário: _____

CPF: _____

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Usuário

Assinatura do Administrador de Rede

Nome do Administrador de Rede: Elaine Rodriguez de Souza
Matrícula do Administrador de Rede: 300755

Anexo 6 – Termo de autorização para utilização de recursos de tecnologia da informação

Solicito a autorização para que o colaborador _____
_____ acesse os recursos de tecnologia da informação da Embrapa
Solos na condição de colaborador no período de vigência do contrato conforme orienta a RN
11 de 17/04/13 item 12.3.

Assinatura do Supervisor

Nome do Supervisor: _____

Data: _____