

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 07/06/2018.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ASSINATURA ESPECTRAL EM TERRA PRETA DE ÍNDIO
NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Renato Eleoterio de Aquino

Engenheiro Agrônomo

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ASSINATURA ESPECTRAL EM TERRA PRETA DE ÍNDIO
NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Renato Eleoterio de Aquino

Orientador: Prof. Dr. José Marques Júnior

Coorientador: Dr. Diego Silva Siqueira

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

FICHA CATALOGRÁFICA

A657a Aquino, Eleoterio de Aquino
Assinatura espectral em Terra Preta de Índio da Amazônia
brasileira / Renato Eleoterio de Aquino. -- Jaboticabal, 2017
xiii, 62 f. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientador: José Marques Júnior
Co-orientador: Diego da Silva Siqueira
Banca examinadora: Gener Tadeu Pereira, Marcílio Vieira Martins
Filho, Milton Cesar Costa Campos, Anderson Cristian Bergamin
Bibliografia

1. Terra Preta Arqueológica. 2. Pedometria. 3. Solos Amazônicos.
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.41

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

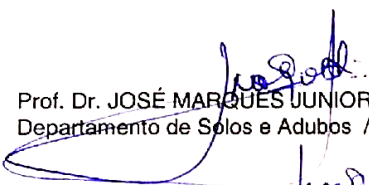
TÍTULO DA TESE: ASSINATURA ESPECTRAL EM TERRA PRETA DE INDIO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

AUTOR: RENATO ELEOTÉRIO DE AQUINO


ORIENTADOR: JOSÉ MARQUES JUNIOR


COORIENTADOR: DIEGO SILVA SIQUEIRA

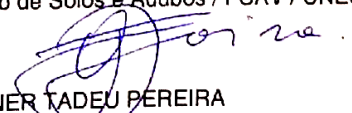
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSÉ MARQUES JUNIOR
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. MILTON CESAR COSTA CAMPOS - VIDEOCONFERÊNCIA
Departamento de Fertilidade do Solo / Universidade Federal do Amazonas / Humaita/AM


Prof. Dr. ANDERSON CRISTIAN BERGAMIN- VIDEOCONFERÊNCIA
Departamento de Agronomia / Universidade Federal de Rondônia / Rolim de Moura/RO


Prof. Dr. MARCÍLIO VIEIRA MARTINS FILHO
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. GENER TADEU PEREIRA
Departamento de Ciências Exatas / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 07 de dezembro de 2017

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RENATO ELEOTERIO DE AQUINO- Filho de Raimundo Maia de Aquino e de Raquel Eleoterio de Aquino, nascido em 23 de novembro de 1986 no município de Manicoré no Estado do Amazonas. Entre os anos de 2003 a 2005 ingressou na Escola Agrotécnica Federal do Amazonas, hoje Instituto Federal do Amazonas, onde cursou o ensino médio e técnico em agropecuária. Em agosto de 2006 ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal do Amazonas- Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente- Humaitá- Amazonas, onde foi bolsista de PIBIC/CNPq entre 2010 a 2012. Em março de 2012 ingressou no curso de mestrado, concluindo em fevereiro de 2014 e em seguida ingressando no doutorado no mês de março do referido ano, ambos no programa de Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária no Campus de Jaboticabal-São Paulo, fazendo desde então parte do grupo de pesquisa CSME (caracterização do solo para fins de manejo específico), onde se envolveu em diversos trabalhos junto a equipe do grupo, tendo como resultados principais 25 artigos científicos publicados. Durante todo o mestrado e doutorado foi bolsista pela FAPEAM (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas).

“Todos os dias quando acordo, não temos mais o tempo que passou, mais tenho muito tempo, temos todo o tempo do mundo. Todos os dias antes de dormir, lembro e esqueço como foi o dia, sempre em frente. Não temos tempo a perder, nosso suor sagrado é bem mais belo que este sangue amargo, e tão sério e selvagem!”

(Tempo Perdido- Renato Russo)

DEDICO

A meus pais Raimundo Maia de Aquino e Raquel Eleoterio de Aquino e minha querida e amada avó Idemila Eleoterio, que sempre me ampararam, me amaram, me incentivaram, me fortaleceram e não me deixaram só nos momentos mais difíceis de serem superados.

OFEREÇO

Os meus amados irmãos Rafael, Renata, Rogério, Rafaela, Artemis, Alessandro e meus sobrinhos Samuel, Vitor e Arthur, amo muito todos vocês. Obrigado pelo amor, confiança, paciência, incentivo e por acreditarem que eu posso ir mais além.

AGRADECIMENTOS

A Deus, obrigado pela oportunidade da vida, pela realização deste trabalho e por ser a minha força quando não a tenho para continuar.

A Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal, programa de Agronomia (Ciência do Solo), pela oportunidade, entre os anos de 2012 a 2017 fazendo o mestrado e doutorado. Sinto-me orgulhoso de ter feito parte de uma das melhores universidades deste país.

A Universidade Federal do Amazonas no Campus Vale do Rio Madeira em Humaitá, pela oportunidade de fazer a graduação em engenharia agrônoma.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas- FAPEAM, pelo financiamento da bolsa de estudo no decorrer do mestrado e também no doutorado, este apoio foi essencial para o sucesso deste trabalho.

Ao professor doutor José Marques Júnior pela oportunidade de trabalho, orientação e ensinamentos. Obrigado por todos estes anos de muito aprendizado, não só de estudos em solos, mas também da inspiração como excelente profissional que sempre nos mostrou, o empenho e motivação em todos os trabalhos, nos exigindo e motivando a buscar sempre o melhor.

Ao meu coorientador doutor Diego Silva Siqueira, minha eterna gratidão pela motivação profissional, pelos excelentes conselhos sempre certos, profissionais e particulares.

Ao Professor doutor Milton Cesar Costa Campos, você foi minha inspiração a ter a motivação para seguir estudando solos, através do teu exemplo e amor pela profissão de pedólogo. Obrigado pela amizade, conselhos, apoio e ensinamentos.

Ao professor doutor Alan Panosso e a doutora Livia Arantes pela participação e excelentes contribuições no exame geral de qualificação.

Aos professores doutores Gener Tadeu Pereira, Marcílio Vieira Martins Filho, Milton Cesar Costa Campos e Anderson Cristian Bergamin pelas contribuições na banca de defesa do doutorado. Obrigado pelas excelentes contribuições no trabalho.

A minha família, obrigado pelo apoio incondicional dado em todos os momentos, sem este apoio não seria possível chegar até aqui.

Aos companheiros do Grupo CSME (caracterização de solos para fins de manejo específico) nestes seis anos, obrigado pelo ambiente sempre muito descontraído, pela presteza, apoio quando solicitado, pelas trocas de experiência.

Foram tantos profissionais que passaram e foram impactantes, cada um de sua forma, que seria injusto citar e esquecer de alguém. Só tenho a dizer obrigado a todos.

O que seria a vida sem ter boas amizades passando por ela. Então quero agradecer a cada uma das grandes pessoas que passaram em minha vida nestes anos. Cada um a sua maneira, foram também essenciais para minha estabilidade mental, para seguir em frente na busca de minha capacitação profissional.

Um agradecimento especial ao Maurício Gatti, meu grande amigo, companheiro de residência nestes quatro anos de Doutorado. Obrigado por todo apoio de sempre, pela amizade, pelas boas rizadas.

Ao Tiago Souza, meu amigo, desde a graduação, mestrado e doutorado, sempre juntos. Obrigado por todos os bons momentos tidos com a sua companhia.

Ao amigo Laércio Santos, Danilo Baldo, Thaísa Moreti e minha querida Milene Moara, vocês foram uma das melhores pessoas que conheci na vida. Espero tê-los sempre comigo.

A todos meus companheiros desde a escola agrícola que ainda mantemos contato na pessoa do Airton (Jabá), Ednaldo (Bombado), Pedro Guilherme (PIG), Ferdinando (Esquilo), Paulo Magno (Paulete), Maicon (Petróleo), Nestor Serudo (Chaves), André Borborema, Layon Grana.

A meus amigos de graduação Carla Rafaelle, Jordana Flores, Julimar Fonseca, Ivanildo Amorim, Leôncio Nery, Leonardo Nery, obrigado por todo apoio e por todas as aventuras nestes anos, tenho certeza que virão muitas no futuro.

Aos amigos que ganhei nesta linda cidade chamada Jaboticabal no estado de São Paulo. Saulo Strazeio, Suelen Alves, Gabriel Damasceno, Iolanda Reis, Rony Barbosa, Paula Oliveira, Laudecir Lemos, Liliane, Rafael Gasparin, Marília Gabriela, Miquéias, Poma, Kátiuscia, Júlio Cesar, Patrícia, Sílvia, Sérgio Otta, Cláudia Gonçalves, Malu, Rodrigo Cau, Ana Rita, Roubertei, Elizabeth, Kathleen Fernandes, Ludmila Freitas, Guilherme Henrique (Espiga), e obviamente ao boteco do Sapão na pessoa do Ricardo. Muito obrigado por todo apoio e pelas grandes histórias construídas.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2. REVISÃO DE LITERATURA	3
1.2.1 A Terra Preta de Índio e suas características peculiares	3
1.2.2 Métodos indiretos na quantificação de atributos do solo: Assinatura espectral e atributos da cor como indicador de transformações no solo	7
1.3 REFERÊNCIAS.....	10
CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES AMBIENTES COM TERRA PRETA DE ÍNDIO POR MEIO DA ASSINATURA ESPECTRAL.....	18
2.1. INTRODUÇÃO	19
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.2.1 Localização e caracterização da área	20
2.2.2 Análises laboratoriais	22
2.2.3 Determinação da assinatura espectral	23
2.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
2.4 CONCLUSÕES	32
2.5. REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 3 – ASSINATURA ESPECTRAL NA IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE EFLUXO DE CO ₂ E ESTOQUE DE CARBONO DE TERRA PRETA DE ÍNDIO.....	38
3.1 INTRODUÇÃO	39
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	41
3.2.1 Caracterização da área e plano de amostragem	41
3.2.2 Análise dos atributos do solo	42
3.2.3 Determinação da assinatura espectral	43
3.2.4 Análise dos dados.....	43
3.2.5 Triângulo de cor (Diagrama ternário)	46
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
3.4. CONCLUSÕES	57
3.5. REFERÊNCIAS	58
CAPÍTULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62

ASSINATURA ESPECTRAL EM TERRA PRETA DE ÍNDIO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

RESUMO – Os solos contendo horizonte antropogênico na Amazônia apresentam características muito diferenciadas. Neste contexto, este trabalho apresenta informações sobre suas características e a relação com a assinatura espectral (espectroscopia de reflectância difusa) provenientes da expressão da cor destes solos, podendo ser utilizado para compreender tanto seus processos de formação, quanto auxiliar como um indicador agrícola e conservacionista para o melhor uso destes solos. Este trabalho apresenta o objetivo geral de caracterizar diferentes ambientes de TPIs (Terra Preta de Índio) por meio da assinatura espectral, assim, compreender a influência das TPIs no estoque e efluxo de CO₂ (fCO₂). E dois objetivos específicos (i) mensurar os atributos do solo de ambientes com TPI através da assinatura espectral, visando tornar-se uma alternativa eficiente na identificação e caracterização destes ambientes e (ii) identificar através da assinatura espectral o potencial de efluxo de fCO₂ e do estoque de C em TPI na região sul do estado do Amazonas. Foram abertos seis perfis de TPI, sendo coletadas amostras por horizonte em cada perfil. Para analisar a variabilidade espacial da TPI foi estabelecido uma malha de 70 m x 70 m e coletada amostras de solos em espaçamentos regulares de 10 m na profundidade de 0,0-0,10 m. Nas amostras coletadas, realizou-se a análise granulométrica, fertilidade, análises mineralógicas e a assinatura espectral nos solos. Na malha, também foi determinado fCO₂. De forma geral, nos difratogramas os solos estudados apresentam composição mineralógica semelhante, concentrando os oxihidróxidos de Ferro e Alumínio (Hematita (Hm), Goethita (Gt), Gibsita (Gb)) com dominância de Caulinita (Ct) e Gt. Nos espectros da assinatura espectral entre os óxidos, a Gt predomina nesses solos, com menores expressões da Hm. Os maiores valores de reflectância na faixa da Gt foram encontrados em todos os horizontes antropogênicos da TPI. Em relação a faixa da Ct e Gb os espectros indicaram presença mais nítida da Ct evidenciados pela concavidade mais nítida em todos os horizontes antropogênico da TPI. Por outro lado, as medidas de cores (matiz, valor e croma) obtidas via assinatura espectral possibilitou a construção do triângulo ternário, onde formou-se quatro classes de valores de estoque de carbono e fCO₂, possibilitando desta maneira inferir sobre estes atributos de maneira mais simples e rápida, somente através dos padrões de cores. A Gt e Ct foram os minerais que apresentaram dominância nos ambientes de TPI, evidenciados pelas faixas espectrais e corroborado pelos difratogramas, reforçando a eficiência da assinatura espectral para a caracterização das TPIs. A assinatura espectral foi eficiente na identificação de áreas com potencial de estoque de carbono e fCO₂ em TPI.

Palavras-chaves: terra preta arqueológica, pedometria, solos amazônicos.

SPECTRAL SIGNATURE IN INDIAN BLACK EARTH IN THE BRAZILIAN AMAZON

ABSTRACT - Soils containing anthropogenic horizon on Amazon very different characteristics. In this context, this paper presents information about its characteristics and the relation with the spectral signature from the color expression of these soils, and can be used to understand both their formation process, as assist as an indicator Agriculture and conservation for the best use of these soils. This work presents as a general objective the objective of this study is to characterize different environments with the presence of anthropogenic horizon of (Indian black earth) IBE through spectral signature, so understand the influence of the IBE in stock and flow of CO₂. And two specific objectives (i) measuring soil attributes of environments with IBE by spectral signature, aiming to become an efficient alternative in the identification and characterization of these environments and (ii) identify by the potential emission spectral signature of fCO₂ and C stock in IBE site in the southern state of Amazonas. Were opened six profiles of IBE, and collected samples for horizon in each profile. To analyze the spatial variability of the IBE was established a network of 70 m x 70 m and collected soil samples in regular spacing of 10 m in depth of 0.10 m. In the samples collected, sieve analysis, fertility and mineralogical analysis and spectral signature in the soil. In General, in difratogramas soils studied feature similar mineralogical composition, focusing on the iron and aluminium oxyhydroxide minerals (Hematite (Hm), Goethite (Gt), Gibbsite (Gb)) with dominance of Kaolinite (Ct) and Gt. In the spectra of the spectral signature between the oxides, the Gt predominates in these soils, with minor expressions of Hm. The highest values of reflectance in the Gt were found in all anthropogenic horizons IBE. About Ct and Gb band Spectra indicated presence sharper of Ct evidenced by scoop sharper in all anthropogenic horizons IBE. On the other hand, through the measures spectral signature colors (hue, value and chroma) made possible the construction of the ternary triangle and graduated four classes of values of carbon stocks and fCO₂, enabling this way infer about these attributes in a manner simpler and faster, only through the color patterns. The Gt and Ct were minerals that showed dominance in environments of IBE, evidenced by the spectral bands and corroborated by the difratogramas, enhancing the efficiency of the spectral signature for the characterization of the IBE. The spectral signature was effective in identifying areas with potential for stock of C and CO₂ emission in IBE.

Keywords- archaeological black earth, pedometria, amazonian soils.

Lista de Tabelas**Capítulo 2**

Tabela 1. Identificação dos perfis, coordenadas, localização, ocupação, posição, município.....	21
---	----

Capítulo 3

Tabela 1. Análise exploratória dos componentes da cor do solo, fCO_2 e est. C da malha de Terra Preta de Índio no sul do Amazonas.....	47
--	----

Lista de Figuras

Capítulo 2

Figura 1: Localização da área de coleta dos seis perfis de solo com Terra Preta de Índio no município de Apuí no sul do Amazonas.....	21
Figura 2: Atributos do solo do horizonte antrópico (Ap1) de seis perfis de Terra Preta de Índio no município de Apuí no sul do Amazonas.....	24
Figura 3: Difratoogramas do horizonte antrópico (Ap1) de seis perfis de Terra Preta de Índio no município de Apuí no sul do Amazonas.....	27
Figura 4: Curvas espectrais no horizonte antrópico (Ap1) de seis perfis de Terra Preta de Índio no município de Apuí no sul do Amazonas.....	28
Figura 5. Curvas espectrais dos seis perfis do horizonte antrópico (Ap1) e do segundo horizonte diagnóstico dos seis perfis de Terra Preta de Índio no município de Apuí no sul do Amazonas.....	30

Capítulo 3

Figura 1: Localização da malha amostral de Terra Preta de Índio na região sul do Amazonas.....	41
Figura 2. Variogramas simples dos componentes da cor do solo, fCO ₂ e estoque de carbono da malha de Terra Preta de Índio na região sul do Amazonas.....	48
Figura 3. Gráficos de validação cruzada dos componentes da cor do solo, fCO ₂ e estoque de carbono da malha de Terra Preta de Índio na região sul do Amazonas.....	50
Figura 4. Mapas de krigagem dos componentes da cor do solo, fCO ₂ e estoque de carbono da malha de Terra Preta de Índio na região sul do Amazonas.....	51
Figura 5. Variogramas cruzados dos componentes da cor do solo, fCO ₂ e estoque de carbono da malha de Terra Preta de Índio na região sul do Amazonas.....	53
Figura 6. Gráfico de correlação dos componentes da cor (valor, croma, matiz) com a fCO ₂ e est C da malha de Terra Preta de Índio na região sul do Amazonas.....	54

Figura 7. Triângulo ternário da $f\text{CO}_2$ e estoque de carbono, estimados pelos componentes da cor (matiz, valor, croma) da malha de Terra Preta de Índio na região sul do Amazonas.....	56
---	----

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

A Amazônia apresenta a ocorrência de solos com características peculiares, conhecidos como Terra Preta Índio (TPI) o que evidencia importante registro da ocupação humana e do uso do solo da região (LIMA et al., 2002). Essas TPIs são horizontes localizados na superfície de vários solos na região, como Argissolos, Neossolos, Latossolos, Cambissolos, Plintossolos e Espodosolos (CAMPOS, 2009; KERN et al., 2003), e apresentam em geral boa fertilidade (LEHMANN et al., 2003, GLASER, 2007), normalmente associados a corpos d'água ou em terrenos com maiores cotas de altitude.

Uma das características morfológicas marcantes das TPIs é a coloração escura e presença de fragmentos de cerâmica e/ou líticos incorporados a matriz dos horizontes superficiais, sendo estes fragmentos, possivelmente deixados por tribos indígenas que anteriormente, habitavam estes locais (KAMPF; KERN, 2005). Por esses vestígios, as TPIs têm sua formação intrelaçada a atividades das primeiras civilizações, são, portanto, terras antropogênicas, pedoindicadoras do modo de vida dos povos indígenas amazônicos.

Ao longo do tempo, as TPIs concentraram grande conteúdo de matéria orgânica, que até hoje se mantém estável, mesmo sobre pequenas explorações agrícolas (CAMPOS et al., 2012; SANTOS et al., 2013; AQUINO et al., 2016). Alguns estudos, por sua vez, buscam entender tal estabilidade, e os resultados indicam que isso se deve a combustão incompleta dos resíduos orgânicos "biochar", não apenas responsável pela estabilidade, mas pela riqueza de nutrientes disponíveis no solo de TPIs (GLASER et al., 2001). Do ponto de vista ecológico e científico do solo, a existência das TPIs assume papel substancial na diversidade biológica e regulação de processos bióticos do solo, sobretudo no sequestro e efluxo de CO₂ (fCO₂) do solo para atmosfera.

Em virtude à grande extensão territorial brasileira, a exploração da terra, mal direcionada, leva a alterações no uso do solo e ao aumento das emissões de GEE (gases do efeito estufa), resultante da queima de combustíveis fósseis e processos agrícolas e industriais (MORAIS et al., 2015).

Neste cenário, as TPIs são importantes por elevar o estoque de carbono no solo, armazenado há milhares de anos. Assim, estudos realizados com o objetivo de

comparar solos de TPIs e solos não-antrópicos (adjacentes) da Amazônia central deslumbram o efeito mitigador das TPIs na fixação de CO₂ no solo (MORAIS et al., 2015; CAMPOS et al., 2016). Irrefutavelmente, as TPIs atuam no equilíbrio do fCO₂ nas regiões tropicais, onde a substituição, isto é, o desmatamento do ecossistema natural para implantação de atividades agropecuárias debilitadas nos preceitos de sustentabilidade, culminam negativamente para mudanças climáticas, e acarretam processo de degradação química e física do solo (MULLER et al., 2001). Entretanto, trabalhos de caracterização destes ambientes ainda demanda de muito esforço físico, tempo e trabalho de campo oneroso, isso porque, as vias de acesso mais comuns as TPIs são os cursos de água.

Algumas metodologias estão sendo usada na ciência do solo, visando resultados rápidos, baixo custo e menos agressiva ao ambiente, visto que não demanda de reagentes químicos nas análises. A exemplos têm-se o uso de modelos matemáticos com a utilização da geoestatística (SIQUEIRA et al., 2010; MONTANARI et al., 2012; PANOSSO et al., 2012; AQUINO et al., 2014), assinatura espectral (espectroscopia de reflectância difusa - ERD) (CARMO et al., 2016; BAHIA et al., 2014; 2015) e assinatura magnética (susceptibilidade magnética - SM) (OLIVEIRA et al., 2017; OLIVEIRA, 2017) e, mais recentemente câmera de celular (Mobile) (GÓMEZ-ROBLEDOS, 2013; STIGLITZ et al., 2017). Estes são métodos indiretos que auxiliam os tradicionais métodos de caracterização de atributos do solo, como cor, que reflete os minerais e a matéria orgânica do solo, estimados por assinatura espectral (DEMATTÊ et al., 2006; VISCARRA-ROSSEL et al., 2011). E, susceptibilidade magnética (SM) que alguns minerais oxídicos apresentam espontaneamente (DEARING et al., 1994; 1996; OLIVEIRA et al., 2015).

Embora muitos estudos tenham sido conduzidos visando compreender a magnitude das modificações e seus reflexos na gênese dos solos, muitas questões precisam ser melhor compreendidas, sobretudo as relacionadas com a mineralogia desses solos. OLIVEIRA, (2017) investigando os óxidos de ferro em solos de TPIs e não-antrópicos, encontrou elevada SM nos solos de TPIs, atribuindo a presença de minerais ferrimagnéticos, como maghemita. As possíveis explicações para isso são a oxidação da magnetita (litogênica) à ferrihidrita ferrimagnética, e continuado o processo tem-se a formação de maghemita (pedogênica), ou via ciclo de oxirredução ocorrido em condições pedogênicas normais (TORRENT et al., 2006), uma vez que a região apresenta condições favoráveis a esses processos, com altas

temperaturas e precipitações pluviárias (CAMPOS et al., 2012). Comportamento também evidenciando em outros estudos desenvolvidos em TPIs (LIMA, 2001; LIMA et al., 2002; COSTA et al., 2004; SILVA et al., 2012).

Assim, a assinatura espectral, bem como a assinatura magnética, torna-se métodos alternativos para estimar atributos do solo (GRIMLEY; VEPRASKAS, 2000), inclusive auxiliar na caracterização da fCO_2 . Neste sentido, o objetivo proposto do presente estudo é caracterizar diferentes ambientes de TPIs por meio da assinatura espectral, assim, compreender a influência das TPIs no estoque e efluxo de CO_2 .

1.3 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. Investigación arqueológica de los antrosolos de Araracuara (Amazonas). **Arqueología Colombiana**, Colômbia, v.31, p. 1-101, 1986.
- AQUINO, R. E.; CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JR, J.; OLIVEIRA, I. A.; MANTOVANELI, B. C.; SOARES, M. D. R. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, p. 397-406, 2014.
- AQUINO, R. E.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; BAHIA, A. S. R. S.; SANTOS, L. A. C. Characteristics of color and iron oxides of clay fraction in Archeological Dark Earth in Apuí region, southern Amazonas. **Geoderma** (Amsterdam), v. 262, p. 35-44, 2016.
- BAHIA, A. S. R.; MARQUES JR, J.; PANOSSO, A. R.; CAMARGO, L. A.; TEIXEIRA, D. B.; LA SCALA JR, N. Field-scale spatial correlation between contents of iron oxides and CO₂ emission in an Oxisol cultivated with sugarcane. **Science Agricola**, Piracicaba (USP. Impresso), v. 72, p. 157-166, 2015.
- BAHIA, A. S. R.; MARQUES JR, J.; PANOSSO, A. R.; CAMARGO, L. A.; SIQUEIRA, D. S.; LA SCALA JR, N. Iron oxides as proxies for characterizing anisotropy in soil CO₂ emission in sugarcane areas under green harvest. **Agriculture Ecosystem Environment**, Amsterdam, v. 192, p. 152–162, 2014.
- BARRÓN, V.; MELLO, J. W. V.; TORRENT, J. **Caracterização de óxidos de ferro em solos por espectroscopia de reflectância difusa**. In: Novais, R.F., Alvarez, V., V. H., Schaefer, C.E.G.R. (Eds.), Tópicos em ciência do solo 1. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, Viçosa, 2000, pp. 139–162.
- BARRÓN, V.; TORRENT, J. **Iron, manganese and aluminium oxides and oxyhydroxides**. In: NIETO, F.; LIVI, K.J.T.; OBERTI, R. (Ed.). Minerals at the nanoscale. London: European Mineralogical Union: Mineralogical Society of Great Britain & Ireland, 2013. p. 297-336. (European Mineralogical Union Notes in Mineralogy, v.14).

BARROS, K. R. M.; LIMA, H. V. RODRIGUES, S. KERN, D. C. Distribuição da porosidade textural e estrutural em solos de Terra Preta Arqueológica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 609-615, 2016.

BENITES, V.M., MENDONÇA, E.S., SCHAEFER, C.E.G.R., NOVOTNY, E.H., REIS, E.L., KER, J.C. Properties of black soil humic acids from high altitude rocky complexes in Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 127, p. 104–113, 2005.

BROWN, D. J.; SHEPHERD, K. D.; WALSH, M. G.; MAYS, M. D.; REINSCH, T. G. Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma**. Amsterdam, v.132, p.273–290, 2006.

CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; BARRÓN, V.; ALLEONI, L. R. F.; BARBOSA, R. S.; PEREIRA, G. T. Mapping of clay, iron oxide and adsorbed phosphate in Oxisols using diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma**, Amsterdam, v.251/252, p.124-132, 2015.

CAMPOS, M. C. C.; **Pedogeomorfologia aplicada à ambientes Amazônicos do Médio Rio Madeira**. 2009, 260f. Recife, Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009.

CAMPOS, M. C. C.; SANTOS, L. A. C.; SILVA, D. M. P.; MANTOVANELI, B. C.; SOARES, M. D. R. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 6, p. 102-109, 2012.

CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; NASCIMENTO, M. F.; SILVA, D. M. P. Estoque de carbono no solo e agregados em Cambissolo sob diferentes manejos no sul do Amazonas. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, vol. 11 n. 2 Taubaté, 2016.

CAMPOS, R. C.; DEMATTÊ, J. A. M. Cor do solo: uma abordagem da forma convencional de obtenção em oposição a automatização do método para fins de classificação de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.28, p.853–863, 2004.

CAMPOS, R. C.; DEMATTÊ, J. A. M.; QUARTAROLI, J. A. Determinação indireta do teor de hematita no solo a partir de dados de radiometria e colorimetria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 4, p. 521-528, 2003.

CARMO, D. A. B.; MARQUES JR, J.; SIQUEIRA, D. S.; BAHIA, A. S. R. S.; SANTOS, H. M.; POLLO, G. Z. Cor do solo na identificação de áreas com diferentes potenciais produtivos e qualidade de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1261-1271, 2016.

COSTA, J. A; KERN, D. C.; COSTA, M. L.; RODRIGUES, T. E.; KÄMPF, N.; LEHMANN, J.; FRAZÃO, F. J. L. **Geoquímica das Terras Pretas Amazônicas**. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 162-171.

COSTA, M. L.; KERN, D. C.; PINTO, A. H. E.; SOUZA, J. R. T. The Ceramic Artifacts in Archaeological Black Earth (Terra Preta) From Lower Amazon Region, Brazil: Mineralogy. **Acta Amazônica**. Manaus, v.34, p.165-178, 2004.

CUNHA, T. J. F. **Ácidos Húmicos de Solos Escuros da Amazônia (Terra Preta do Índio)**. 2005, 139f. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2005.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; CANELLAS, L. P.; RIBEIRO, L. P.; BENITES, V. M.; SANTOS, G. A. Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (terra preta de índio) in the brazilian amazon basin. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 85-93. 2009.

DALMOLIN, R. S. D.; GONÇALVES, C. N.; KLAMT, E.; DICK, D. P. Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 481-489, 2005.

DANTAS, J. S.; MARTINS FILHO, M. V.; MARQUES JR, J.; RESENDE, J. M. A.; TEIXEIRA, D. B.; BARBOSA, R. S.; SIQUEIRA, D. S. Coeficiente de erodibilidade em sulcos e entressulcos de Argissolos coesos estimado pela cor do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.49, p.700-707, 2014a.

DANTAS, J. S.; MARQUES JR, J. MARTINS FILHO, M. V.; RESENDE, J. M. A.; CAMARGO, L. A.; BARBOSA, R. S. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.38, p.1039-1050, 2014b.

DEARING, J.A. **Environmental magnetic susceptibility: using the Bartington MS2 system**. 2nd ed. Kenilworth: Chi Publishing, 1999. 54p.

DEARING, J.A.; HAY, K.L.; BABAN, S.M.J.; HUDDLESTON, A.S.; WELLINGTON, E.M.H.; LOVELAND, P.J. Magnetic susceptibility of soil: an evaluation of conflicting theories using a national data set. **Geophysical Journal International**, v.127, p.728-734, 1996.

DEMATTE, J.A.M.; SOUSA, A.A.; ALVES, M.C.; NANNI, M.R.; FIORIO, P.R.; CAMPOS, R.C. Determining soil water status and other soil characteristics by spectral proximal sensing. **Geoderma**, Amsterdam, v.135, p.179-195, 2006.

DRURY, S. A. **Image interpretation in geology**. 3.ed. Cheltenham, Nelson Thornes, 2001. 290p.

ERICKSON, C. L. **Historical ecology and future explorations**. In: LEHMANN, J.; KERN, D.; GLASER, B.; WOODS, W. (Eds.). Amazonian dark earths: origins, properties and management. Dordrecht: Kluwer, 2003, p.455-500.

FALCÃO, N. P. S., N. COMERFORD; J. LEHMANN. **Determining Nutrient Bioavailability of Amazonian Dark Earth Soils - Methodological Challenges**. Amazonian Dark Earths: Origins, Properties, Management. J. LEHMANN, D. C. KERN, B. GLASER, & W. I. WOODS. Boston, Kluwer Academic Publishers: 2003, 255-270.

FALCÃO, N. P. S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão hawaí (Carica papaya L.). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, p. 401-406. 2006.

GLASER, B. **Eigenschaften und Stabilität des Humuskörpers der "Indianerschwarzerden" Amazoniens**. Bayreuther Bodenkundliche Berichte 68, University of Bayreuth, Germany, 1999, 196 p.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of Central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 362, p. 187-196, 2007.

GLASER, B.G. **The Grounded Theory perspective**: Conceptualizations contrasted with description, Sociology Press, Mill Valley, CA. 2001.

GÓMEZ-ROBLEDO, L.; LÓPEZ-RUIZ, N.; MELGOSA, M.; PALMA, A. J.; CAPITÁN-VALLVEY, L. F.; SÁNCHEZ-MARAÑÓN, M. Using the mobile phone as Munsell soil-colour sensor: An experiment under controlled illumination conditions. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 99, p. 200–208, 2013.

GRIMALDI, C.; GRIMALDI, M.; MILLET, A.; BARIAC, T.; BOULEGUE, J. Behaviour of chemical solutes during a storm in a rainforest headwater catchment. **Hydrological Processes**, v. 18, n. 1, p. 93-106, 2004.

GRIMLEY, D. A.; VEPRASKAS, M. J. Magnetic Susceptibility for Use in Delineating Hydric Soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.64, p. 2174-2180, 2000.

HUMMEL, J. W.; SUDDUTH, K. A.; HOLLINGER, S. E. Soil moisture and organic matter prediction of surface and subsurface soils using an NIR soil sensor. **Computers Electr. Agric.**, v. 32, p. 149-165, 2001.

KÄMPF, N.; KERN, D. C. **O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia**. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. (Ed.). *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, p.277-320.

KERN, D. C.; D'AQUINO, G.; RODRIGUES, T. E.; FRAZÃO, F. J. L.; SOMBROEK, W.; NEVES, E. G.; MYERS, T. P. **Distribution of antropogenic dark earths**. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; WOODS, W.; GLASER, B. (Org.). *Amazonian dark Earths: Origin, Properties, Management*. 1 ed. Norwell: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, v.1, p.51-76, 2003.

KODAIRA, M.; SHIBUSAWA, S. Using a mobile real-time soil visible-near infrared sensor for high resolution soil property mapping. **Geoderma**, Amsterdam, n.199, p.64-79, 2013.

LEHMANN, J.; SILVA JUNIOR, J. P.; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, v. 249, p. 343-357, 2003.

LIMA, H. N.; SCHAEFER, C. E. R.; MELLO, J. W. V.; GILKES, R. J. ; KER, J. C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of “Terra Preta Anthrosols” (“Indian black earth”) of western Amazonia. **Geoderma**, Amsterdam, v.11, n.1-2, p. 1-17, 2002.

MADARI, B., BENITES, V. M., CUNHA, T. J. F. **The effect of management on the fertility of Amazonian dark earths**. In LEHMANN, J., KERN, D. C., GLASER, B., WOODS, W.I. (eds) Amazonian dark earths. Origin, properties, management. Kluwer:Dordrecht. 2003. p. 407-432.

MARQUES JR., J.; SIQUEIRA, D. S.; CAMARGO, L. A.; TEIXEIRA, D. B.; BARRÓN, V.; TORRENT, J. Magnetic susceptibility and diffuse reflectance spectroscopy to characterize the spatial variability of soil properties in a Brazilian Haplustalf. **Geoderma**, Amsterdam, v. 219-220, p. 63-71, 2014.

McBRATNEY, A. B.; MINASNY, B.; VISCARRA ROSSEL, R. Spectral soil analysis and inference systems: a powerful combination for solving the soil data crisis. **Geoderma**, Amsterdam, v.136, p.272-278, 2008.

MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S., orgs. **Sensoriamento remoto: Reflectância dos alvos naturais**. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados, 2001. 262p.

MILLER, E. T. **A limitação ambiental como barreira à transformação do período Formativo no Brasil**. Tecnologia, produção de alimentos e formação de aldeias no sudoeste da Amazônia. In: LEDERGERBER-CRESPO, P. (Ed.). **Formativo Sudamericano, una revaluación**. Quito: Abya-Yala, 1999. p. 331-339.

MONTANARI, R.; SOUZA, G. S. A.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JR, J.; SIQUEIRA, D.S.; SIQUEIRA, G.M. The use of scaled semivariograms to plan soil sampling in sugarcane fields. **Precision Agricola**, v. 13, p.542-52, 2012.

MORA, S. **Cultivars, anthropic soils, and stability: a preliminary report of archaeological research in Araracuara, Colombian Amazonia**. Pittsburgh: University of Pittsburgh. 1991. (Latin American Archaeology Report, n.2).

MORAIS, R. R.; MUNIZ, A. W.; TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Efluxo de CO₂ do Solo em Terra Preta de Índio em Iranduba, AM (Soil CO₂ efflux in Amazonian Dark Earth in Iranduba, AM). **Comunicado técnico 112**. Embrapa. 2015. 5p. DOI: 10.13140/RG.2.1.1652.2083.

MULLER, E.; DÉCAMPS, H. **Modeling soil moisture – Reflectance**. Remote Sens. Environ., 76:173-180, 2001.

MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropéculária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1409-1418, nov. 2001.

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts**. Baltimore, 1975.

NEVES JUNIOR, A. F. **Qualidade física de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central**. 2008, 94f. Tese (Doutorado em Solos e

Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

NEVES, E. G. **Levantamento arqueológico da área de confluência dos rios Negro e Solimões, estado do Amazonas**: Continuidade das escavações, análise da composição química e montagem de um sistema de informações geográficas. Project report. São Paulo: FAPESP, 2003.

OLIVEIRA, I. A. **Suscetibilidade magnética da terra preta de índio amazônica: influência geológica, pedogenética e antrópica**. 2017. 90f. Tese (Doutorado em Agronomia (Ciência do Solo)) – Universidade Estadual Paulista, FCAV, Jaboticabal, São Paulo, 2017.

OLIVEIRA, I. A.; MARQUES JR, J.; MILTON CÉSAR COSTA CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; FREITAS, L.; FERRAUDO, A. S. Multivariate technique for determination of soil pedoenvironmental indicators in Southern Amazonas. **Acta Scientiarum**, v. 39, n. 1, p. 99-108, 2017.

OLIVEIRA, I. A.; MARQUES JUNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; FREITAS, L.; SIQUEIRA, D. S. Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de Argissolos da região de Manicoré, AM. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 668-81, 2015.

PANOSSO, A. R.; PERILO, L. I.; FERRAUDO, A. S.; PEREIRA, G. T.; MIRANDA, J. G. V.; LA SCALA JR, N. Fractal dimension and anisotropy of soil CO₂ emission in a mechanically harvested sugarcane production area. **Soil Tillage Research**, v. 124, p. 8-16, 2012.

PELUCO, R. G.; MARQUES JÚNIOR, J.; SIQUEIRA, D. S.; PEREIRA, G. T.; BARBOSA, R. S.; TEIXEIRA, D. de B. Mapeamento do fósforo adsorvido por meio da cor e da suscetibilidade magnética do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, p.259-266, 2015.

PETERSEN, J. B.; NEVES, E. G.; HECKENBERG, M. J. **Gift from the past: terra preta and prehistoric occupation in Amazonia**. In: McEWAN, C.; BARRETO, C.; NEVES, E. (Eds.). Unknown Amazon. culture in nature in Ancient Brazil. London: British Museum, 2001. p. 86-107.

RESENDE, J. M. do A.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; DANTAS, J. S.; SIQUEIRA, D. S.; TEIXEIRA, D. D. B. Variabilidade espacial de atributos de solos coesos do leste Maranhense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, p.1077-1090, 2014.

RESENDE, M. 1976. **Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of Central Plateau of Brazil**. Purdue University, Purdue (237 pp. (Thesis PhD).

RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S. B., CORREA, G. F., 2007. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5. ed. rev. UFLA, Lavras-MG (322 p.il).

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; BERGAMIN, A. C.; SILVA, D. M. P; MARQUES JUNIOR, J.; FRANCA, A. B. C. Caracterização e gênese de

terras pretas arqueológicas no sul do Estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 825-836, 2013.

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; BERGAMIN, A.C.; Silva, D. M. P.; MENDONÇA JÚNIOR, A. F. Caracterização física de seis sítios de Terras Pretas Arqueológicas na região de Apuí-AM. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, p. 167-174, 2011.

SCHMIDT, M. W. I.; NOACK, A. G. Black carbon in soils and sediments: Analysis, distribution, implications, and current challenges. **Global Biogeochemical Cycles** 14, 2000.

SCHWERTMANN, U. **Relations between iron oxides, soil color, and soil formation**. In: BIGHAM, J. M.; CIOLKOSZ, E. J. Soil color. Madison: Soil Science Society of America, 1993, p.51-69.

SCHWERTMANN, U. The influence of aluminum on iron oxides. XLAluminumsubstituted maghemite in soils and its formation. **Soil Science Society of America Journal**, Madson, v. 48, p. 1462-1463, 1984.

SERGIO, C. S.; SANTANA, G. P.; COSTA, G. M. DA; HORBE, A. M. C. Identification and characterization of maghemite in ceramic artifacts and archaeological black earth of Amazon region. **Soil Science**, v. 171, n. 1, p. 59-64, 2006.

SHEPHERD, K. D.; WALSH, M. G. Desenvolvimento de bibliotecas de reflectância espectral para caracterização de propriedades do solo. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, n. 3, p. 988-998, 2002.

SIQUEIRA, D. S.; MARQUES JR, J.; PEREIRA, G. T. The use of landforms to predict the variability of soil and orange attributes. **Geoderma**, Amsterdam, v. 155, p. 55-66, 2010.

SMITH, N. K. H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 70, n.4, p. 553-566, 1980.

SOMBROEK, W. G. **Amazon soils: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region**. Wageningen: Centre for Agricultural Publications and Documentation. 1966.

SOMBROEK, W.; KERN, D.; RODRIGUES, T.; CRAVO, M. S.; CUNHA, T. J. F.; WOODS, W.; GLASER, B. **Terra Preta e Terra Mulata: sua potencialidade agrícola, sustentabilidade e replicagem**. 2002.

SOUZA JR, J. G. A.; DEMATTÊ, J. A. M.; GENUÍ, A. M. Comportamento espectral dos solos na paisagem a partir de dados coletados por sensores terrestre e orbital. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, viçosa, v. 32, p. 727-738, 2008.

STIGLITZ, R.; MIKHAILOVA, E.; POST, C.; SCHLAUTMAN, M.; SHARP, J. Using an inexpensive color sensor for rapid assessment of soil organic carbon. **Geoderma**, Amsterdam, v. 286, p. 98-103, 2017.

STONER, E. R.; BAUMGARDNER, M. F. Characteristics variations in reflectance of surface soils. **Soil Science Society American Journal**, v. 45, p. 1161-1165, 1981.

TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. **As Terras Pretas de índios da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus, Editora da Universidade Federal do Amazonas – EDUA, 2010.

TORRENT, J.; BARRON, V. **Laboratory measurements of soil color: theory and practice**. In: Bigham, J.M., Ciolkosz, E.J. (Eds.), *Soil Color*. Soil Science Society of America, pp. 21–33, 1993, (Special Publication).

TORRENT, J.; BARRÓN, V.; LIU, Q. S. Magnetic enhancement is linked to and precedes hematite formation in aerobic soil. **Geophys Res Lett**. v. 33, p. 1-4, 2006.

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

VISCARRA ROSSEL, R. A.; BEHRENS, T. Using data mining to model and interpret soil diffuse reflectance spectra. **Geoderma**, Amsterdam, v. 158, p. 46-54, 2010.

VISCARRA ROSSEL, R. A.; WALVOORT, D. J. J.; McBRATNEY, A. B.; JANIK, L. J.; SKJEMSTAD, J. O. Visible, near-infrared, mid-infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. **Geoderma**, Amsterdam, v. 131, n. 1–2, p. 59–75, 2006a.

VISCARRA ROSSEL, R.A., ADAMCHUK, V.I., SUDDUTH, K.A., MCKENZIE, N.J., LOBSEY, C. Proximal soil sensing: an effective approach for soil measurements in space and time, chapter 5. **Advances in Agronomy**, v. 113, p. 237–283, 2011.

WOODS, W. I. **Comments on the Black Earths of Amazonia**. In: SCHOOLMASTER, F.A. (ed.) *Papers and Proceedings of the Applied Geography Conferences*. v. 18, p.159-165, 1995. Denton, Texas: Applied Geography Conferences, Inc.

WOODS, W. I.; McCANN, J. M. **The anthropogenic origin and persistence of Amazonian dark earths**. In: CAVIEDES, C. (Ed.). *Yearbook Conference of Latin Americanist Geographers*. v. 25. Austin TX: University of Texas, 1999. p. 7-14.

CAPÍTULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No capítulo 2 a assinatura espectral conseguiu identificar as características presentes na Terra Preta de Índio, principalmente em relação a sua mineralogia e a presença da matéria orgânica.

No capítulo 3 a assinatura espectral através das medidas de cores (matiz, valor e croma) principalmente, apresentaram relações com os atributos efluxo de CO₂ e estoque de carbono, onde possibilitou fazer inferências para estes atributos através do triângulo de cor.

Os resultados apresentados neste trabalho com a Terra Preta de Índio, mostram que a assinatura espectral é uma técnica rápida, prática e precisa, tornando-se uma alternativa atraente para auxiliar a quantificação indireta de atributos do solo, especialmente da mineralogia, fCO₂ e estoque de carbono, mostrando seu potencial em substituir ou associar em grande parte das análises laboratoriais convencionais.

Em um momento em que as mudanças climáticas estão em grande destaque, dada as consequências das atitudes antrópicas ao meio ambiente, este trabalho pode auxiliar como uma base para futuros estudos visando entender melhor o potencial das Terras Pretas de Índio nos ambientes amazônicos. Sendo importantes contínuos estudos com a assinatura espectral em Terra Preta de Índio visando validar e aperfeiçoar as informações espectrais, sendo interessante gerar um banco de dados espectral de solos com presença de Terra Preta de Índio da região Amazônica, servindo de base técnica alternativa para validação de informações dos seus atributos e geração de mapas mais elaborados.