



VARIABILIDADE DE ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS E DOS ESTOQUES DE CARBONO ORGÂNICO EM ARGISSOLO VERMELHO SOB SISTEMAS AGROFLORETAIS NO ASSENTAMENTO UMARI SUL DO AMAZONAS

ATTRIBUTES OF VARIABILITY PHYSICAL AND CHEMICAL AND ORGANIC CARBON STOCKS IN RED UNDER ULTISOLUL AGROFLORETRY SYSTEMS IN SETTLEMENT UMARI AMAZON SOUTH.

ATRIBUTOS DE LAVARIABILIDADE FÍSICA Y QUÍMICA Y RESERVAS DE CARBONO ORGÁNICO EM ROJO BAJO ULTISOLES SISTEMAS DE COLOCACIÓN EN SISTEMAS DE COLOCACIÓN EN AGROFORETALES UMARI AMAZON SUR

Joiada Moreira da Silva Linhares¹, Wanderley Rodrigues Bastos², Raimundo Ferreira da Silva Junior¹, Luan Cleverton Silva de Oliveira³

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM e pesquisador do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer.

Joiada.linhares@gmail.com

² Universidade Federal de Rondônia e coordenador do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer.

³ Universidade Federal do Amazonas - UFAM

RESUMO

O sistema agroflorestral (SAF) além de gerar renda e alimentos, apresenta potencial para atenuar a liberação de carbono do solo, causada pela mudança no uso da terra na Amazônia. Nosso objetivo foi avaliar a variabilidade de atributos físico-químicos do solo e dos estoques de carbono (EC) orgânico do solo em SAF's do assentamento rural Umari, sul do Amazonas. Foram utilizados quatro métodos: i) processamento digital de imagem e confecção de mapa temática e, ii) construção de parcelas fixas e monólitos de solo, iii) análise física e química de solo e iv) análise estatística e geoestatística. No SAF19 e SQF15 observou-se os maiores EC (21,02 Mg C. ha⁻¹ e 18,86 Mg C. ha⁻¹) na camada de 0 -10cm de profundidade no período chuvoso e os menores EC (2,58 Mg C. ha⁻¹) foram registrados na agrícola itinerante. Os SAF's com maior tempo de adoção promoveram o aumento do EC e a recuperação de atributos químicos do solo do PA-Umari.

Palavras-Chave: Sistema agroflorestral; Carbono; Nutriente; Lábrea; Amazonas.

ABSTRACT

Agroforestry system (AFS) and generate income and food have the potential to mitigate the release of soil carbon, caused by the change in land use in the Amazon. Our objective was to evaluate the variability of physical and chemical soil and carbon stocks (SC) organic soil in AFS rural settlement Umari, south of the Amazon. Four methods were used: i) digital image processing and confection thematic map, ii) construction of fixed plots and soil monoliths, iii) physical analysis and soil chemical and iv) Statistical analysis and geostatistical. In AFS19 and QFA15 there was the largest SC (21,02 Mg C. ha⁻¹ e 18,86 Mg C. ha⁻¹) in depth 0-10cm layer in the rainy season and the lowest SC (2,58 Mg C. ha⁻¹) They were recorded in itinerant agriculture. The SAFs with greater adoption time promoted increased SC and the recovery of chemical attributes of the PA-Umari soil.

Keywords: Agroforestry system; Carbon; Nutrient; Labrea; Amazon.

RESUMEN

Lo sistema agroforestale (SAF) y que generan ingresos y alimentos, Tienen el potencial para mitigar la liberación de carbono en el suelo, causado por el cambio de uso de la tierra en la Amazonia. Nuestro objetivo fue evaluar la variabilidad de las existencias de carbono del suelo y físicas y químicas (CE) orgánico del suelo en asentamientos rurales de SAF Umari, al sur de la Amazonía. Se utilizaron cuatro métodos: i) procesamiento de imágenes digitales y la producción de mapas temáticos, ii) porción fija de la construcción y monólitos suelo, iii) análisis físico y químico del suelo y iv) Análisis estadístico y geoestadístico. En SAF 19 y SQF15 se registró el mayor EC (21,02 Mg C. ha⁻¹ e 18,86 Mg C. ha⁻¹) en profundidad de la capa 0-10cm en la época de lluvias y menor CE (2,58 Mg C. ha⁻¹) que fueron registradas en la granja itinerante. La mayor parte del tiempo los SAF adopción propiciado una mayor do CE y la recuperación de las propiedades químicas de PA-Umari suelo.

Palabras clave: Sistema Agroforestal; nutrientes; de carbono; Lábrea; Amazonas.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais (SAF's) são formas de uso da terra que envolvem a combinação no mesmo espaço, o plantio de espécies arbóreas ou arbustivas perenes lenhosas nativa, com cultivos agrícolas e / ou pastagens destinadas a criação extensivo de animais (ALTIERI, 2012). Esta categoria de sistema de produção agrícola, dependendo da complexidade da estrutura florística pode desempenha um papel importante na redução do desflorestamento em pequena propriedade, pois o SAF quebra a predominância do ciclo da agricultura itinerante (corte e queima) e da pecuária extensiva praticada pelos pequenos produtores rurais na Amazônia (SANTOS et al., 2004).

Recentemente, na reunião internacional das Nações Unidas sobre mudanças climáticas (COP-15), ocorrida na cidade de Copenhague (Dinamarca), o sistema agroflorestal foi escolhido em um consenso internacional como uma das tecnologias de produção agrícola com capacidade de mitigar o aumento de CO₂ na atmosfera. A partir da COP 15, o governo Federal brasileiro passou a incentivar a criação de SAF's como uma das estratégias de políticas públicas para reduzir as emissões CO₂ na atmosfera, oriundas das mudanças de uso da terra na Amazona Legal (TORRES et al., 2014).

Devido à importância dada ao SAF no cenário internacional e nacional como mecanismo de desenvolvimento Limpo (MDL), este começou a ser mais estudados nos últimos anos, visto que, além de permitir a produção de alimentos, pode atuar na recuperação e conservação de áreas degradadas; atenuação, degradação e retenção de poluentes pesados, bem como na fixação de carbono na forma de biomassa vegetal aérea e de compostos orgânicos no solo (KATO et al., 2006).

Neste contexto, estudos com sistemas agroflorestais têm sido desenvolvidos em diversas parte da região Amazônica, na busca de aferir a sustentabilidade agrícola do SAF's, diante da ineficiência da agrícola itinerante (agricultura de corte e queima) e da pecuária extensiva em garantir uma boa produtividade de alimentos e, uma qualidade física, química e biológica satisfatória do solo (SANTIAGO et al., 2013; PALUDO et al., 2012).

A presença de componentes vegetais arbóreos e arbustivos nos SAF's confere a este sistema semelhança, de certa forma, a floresta nativa (FN). Outra similaridade importante entre SAF e FN é, a diversidade de espécies florestais e a dinâmica de deposição contínua de resíduos vegetais, que induz a formação em curto espaço de tempo da serrapilheira. Esta por sua vez facilita a manutenção da matéria orgânica do solo e, por conseguinte a recuperação dos atributos físicos, químicos (orgânicos e inorgânicos) e biológicos do solo (IWATA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2004). Além disso, os SAF's uma vez adotado em substituição a outra categoria de uso da terra (agricultura, pecuária, capoeira, etc.), pode propiciar inúmeros

benéficos ambientais, tais como: conservação do solo, da água, biodiversidade e do ar atmosférico; polinização de plantas frutíferas, absorção ou sequestros de gases do efeito estufa (GEE) e seu armazenamento na forma de compostos orgânicos no solo. Este último benefício é visto como um dos mais nobres serviços ambientais de suporte e regulação prestado pela agrofloresta (ROCHA et al., 2014; SANTOS et al., 2004).

O acúmulo de carbono orgânico no solo sob sistema agroflorestal vai depender de sua localização, função, composição, fatores ambientais e econômicos; assim como das espécies arbóreas e arbustivas usadas no plantio, tipo de manejo e principalmente tempo de formação do SAF (RODRIGUES, 2015).

Brito et al., (2012) ao avaliarem os estoques de carbono e nitrogênio no sudoeste amazônico registraram em ambiente de terra firme um estoque 41,19 Mg de C/ha, entre 0 e 40cm de profundidade em sistema agroflorestal implantado a 4 anos e 42,34 Mg de C/ha na área de pastagem, formada no mesmo tempo da implantação do SAF. O estoque ligeiramente mais elevado na área de pasto, foi atribuído ao elevado valor de densidade do solo. Já Brancher (2010) ao estudar o estoque e a ciclagem de carbono orgânica em quatro sistema agroflorestal com 14 e 9 anos de formação, na Amazônia oriental registrou um estoque COT nos SAF's variando entre 82,38 Mg/ha⁻¹ e 90,69 Mg/ha⁻¹ e, em áreas de capoeira 97,89 Mg/ha⁻¹. Este recomenda que o SAF pode acumular carbono orgânico no solo similar aos da capoeira e significativamente maior que o sistema plantio direto sendo, portanto, uma categoria de uso e cobertura da terra capaz de armazenar carbono em diferentes compartimentos no ecossistema solo.

Na Amazônia setentrional Schaefer et al., (2000) ao avaliarem a dinâmica da matéria orgânica em Latossolos perceberam que os teores de carbono orgânico apresentavam mais elevados em SAF e floresta nativa (25,19 e 23,04 g/kg de C, respectivamente), que em áreas roças (agricultura itinerante) cultivadas entre 2 e 10 anos.

A problemática que envolve a mudança de uso e cobertura da terra, as emissões de GEE e as mudanças climáticas não se limitam a região Amazônica, mais podem ser observadas em outros biomas brasileiros. Lima et al., (2011) ao avaliarem os estoques de carbono e nitrogênio em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima, na zona de transição entre o cerrado piauiense e o bioma de caatinga registraram EC no período seco em solo sob sistema agroflorestal de seis e dez anos (43,30 Mg de C/ha⁻¹ e 48 Mg de C / ha⁻¹) semelhantes aos registrados na Amazônia.

Além dos fatores inerentes a natureza e a qualidade pedogenética do solo, alguns estudos têm constatado aumento nos teores de carbono orgânicos do solo associado ao tempo de implantação do SAF. A este respeito, Marin (2001) esclarece que as mudanças nas variáveis químicas do solo em sistemas agrícolas conservacionistas, não ocorrem a curto prazo, e afirma que o tempo de percepção visando verificar possíveis alterações nos atributos químicos do solo pode variar de 10 a 35 anos, após implantação do SAF. Partindo desse pressuposto, o estudo teve como premissa que a introdução de sistemas agroflorestais no assentamento rural Umari – AM, no final da década de 90, promoveu a recuperação e o incremento de atributos químicos do solo e, do conteúdo do carbono orgânico, em relação a floresta nativa e a agricultura itinerante (corte e queima), com e sem pousio.

A compreensão relativa a dinâmica de atributos químicos de solo em diferentes sistemas de uso agrícolas da terra é complexa em qualquer bioma brasileiro, pois envolve um elevado quantitativo de variáveis que necessitam, muitas vezes, da análise integrada de incontáveis interações estatísticas e geoestatísticas para se obter uma realidade causal sobre seus efeitos pedoambientais, mesmo assim carregados de um alto grau de aleatoriedade. Em função disso, o desenvolvimento de novos métodos de análise de dados geográficos (geoprocessamento) e o aperfeiçoamento dos Sistemas de Informação Geográficas – SIG brasileiros, têm se apresentado como uma ferramenta eficiente na identificação das implicações ambientais inerentes a alteração repentina da paisagem sul-amazônica. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a variabilidade de atributos físico-químicos e dos estoques de carbono orgânico do solo em sistemas agroflorestais no assentamento rural Umari, sul do Amazonas.

2. METEIRIAS E MÉTODOS

2.1. Caracterização geoambiental da área de estudo

O projeto de assentamento rural PA-Umari foi implantado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA em 1996, no médio curso da microbacia hidrográfica do rio Pacιά. Esta localiza-se na porção sul do Amazonas, zona rural do município de Lábrea na Amazônia Legal. O PA-Umari possui uma área de 9.654 hectares, e capacidade de assentar 158 famílias (LEAL, 2009). Encontra-se delimitado pelas coordenadas geográficas, longitude 64° 40' 14.4" e 64° 10.1" W e latitude 07° 21' 16.5" e 07° 18' 06.4" S (Figura 1).

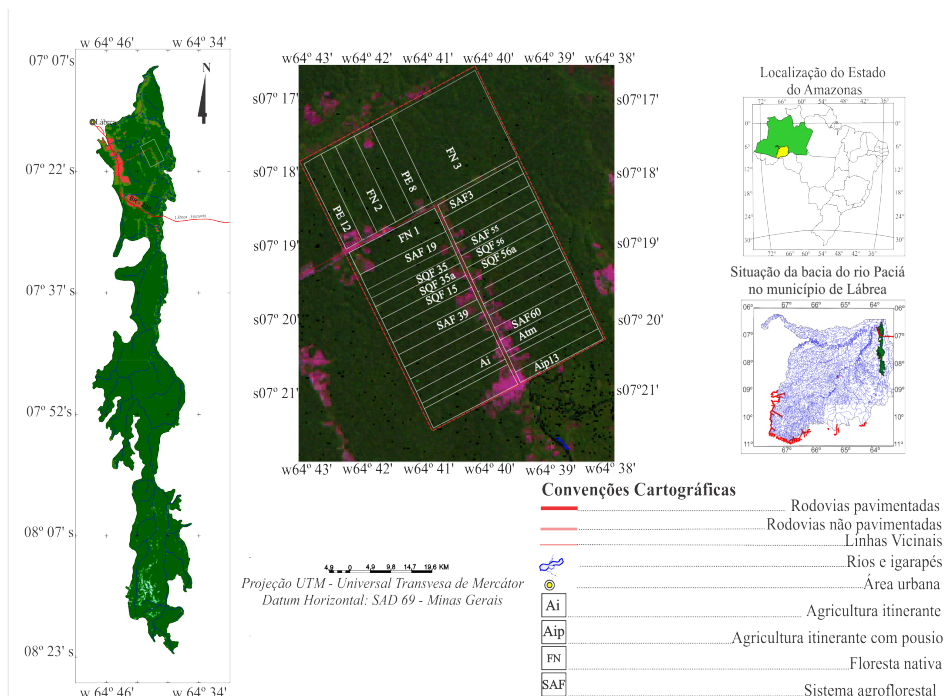


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

O rio Pacιά que drena as terras do PA – Umari é um dos afluentes do rio Purus, com nascentes na área da Terra Indígena Caititu. Sua rede de drenagem situa-se sob o domínio das terras baixas florestadas equatorial sul Amazônica, onde predomina o "clima equatorial úmido" com três meses secos (junho a agosto) e temperaturas médias anuais entre 24° C e 27° C, caracterizando baixa amplitude térmica anual. O período chuvoso ocorre entre os meses de janeiro a abril, quando ocorrem as maiores precipitações, entre 1310 e 1555mm (60% do total), e chuvas diárias em um período de 95 dias. Eventualmente a estação seca rigorosa ocorre entre nos meses maio a setembro. Abril e outubro caracteriza-se os meses de transição, e apresentam valores de umidade e aridez compatíveis com as estações chuvosa e seca (SILVA et al., 2008).

A origem geológica da cobertura sedimentar do PA – Umari está relacionada a formação da bacia sedimentar do Purus, que formou-se a partir de sedimentos detríticos provenientes da erosão da Cordilheira dos Andes. Estes se acumularam na região gerando espessos depósitos sedimentares flúvio-lacustre da Formação Solimões, com a posterior formação de depósitos fluviais de idade Quaternária da era Cenozoica. A partir do Pleistoceno estes depósitos passaram por um intenso processo de entalhamento gerando vários níveis deposicionais (DANTAS et al, 2008).

A geomorfologia está condicionada a estrutura geológica local e atuação compartilhada de processos exógenos (intemperismo, erosão e sedimentação) que promovem a esculturação e denudação das rochas sedimentares anteriormente geradas. A denudação do relevo não ocorre de forma uniforme em toda a área de estudo, apesar da pouca resistência litológica frente aos agentes externos de intemperismo e erosão. Assim, em virtude do grau de entalhamento o relevo do PA – Umari. Este foi agrupado em três conjuntos morfogenéticos: a) depressão do Ituxi - Jari de baixa dimensão e interflúvios de muito fraco a fraco entalhamento, b) planície fluvial secundária do rio Pacιά e c) formas de terraços fluviais com muito baixo entalhamento e média dimensão dos vales interfluviais (SILVA et al., 2013).

Os atributos climáticos, como temperaturas altas e elevadas pluviosidades, favorecem a presença dominante da floresta ombrófila sempre verde no município de Lábrea - AM., porém, estes elementos dinâmicos do clima não produzem homogeneidade fitogeográfica na região sul amazônica em especial na microbacia do rio Pacιά. Variações locais como mudanças topográficas (geoformas) e pedológicas (solos distintos) são responsáveis pelo desenvolvimento de tipos diferentes de floresta e até mesmo de tipos de vegetação não florestal que, em manchas de tamanhos variados se espalham por todo o sul do Amazonas. Dessa forma, a cobertura vegetal no PA – Umari divide-se em dois grandes grupos: a) vegetação original, composta por floresta ombrófila aberta de terras baixas com palmeiras, floresta ombrófila aberta aluvial e terraços com palmeiras e b) vegetação cultivada, originária da atividade agropastoril e agroflorestal. Estes sistemas encontram-se sob manchas de Argissolo Vermelho de textura argilosa com baixa fertilidade natural ($V < 50\%$), ou seja, distróficos (LINHARES et al., 2014).

3. MÉTODOS

Para o reconhecimento prévio da área de estudo foi confeccionado um mapa com dados disponibilizado na rede mundial de computadores pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Neste foram sobrepostos três temas vetoriais: rede de drenagem, rodovias e estrutura fundiária. Para o detalhamento das informações espaciais, foi elaborado um mapa planialtimétrico, com base nas imagens do banco de dados geomorfológico do Brasil (Topodata), na escala de 1: 250.000 que foi utilizado na delimitação e demarcação das parcelas experimental.

A seleção das classes de uso e cobertura da terra ocorreu através do tratamento de imagem, capitada pelo satélite LANDSAT-5/TM - sena 233/65 de Lábrea, com resolução espacial (pixel) de 30 metros e composição colorida RGB (TM3 = vermelha, TM4 = verde e TM5 = azul). Após retificação da imagem foi realizada uma pré-interpretção por meio do método de classificação supervisionada com o uso do algoritmo *máxima verossimilhança*, onde foram considerados quatro classes de uso e cobertura da terra: 1) área desmatada, 2) área de floresta nativa, 3) pastagem e 4) solo exposto. Com base nestas informações foi produzido o mapa temático exploratório no qual consta a localização aproximada dos sistemas agroflorestais com dimensão $\geq 10.000 \text{ m}^2$ (MOREIRA, 2001) e demais usos da terra (agricultura, pastagem e floresta). Este subsidiou o levantamento amostral de solo em campo (SILVA et al., 2010).

Com base no mapa exploratório de uso da terra, no interior de cada sistema agrícola foi instalada uma parcela fixa (unidades experimentais) de 50 X 50m, (18 no total) (FURLAN, 2005), distribuídas no espaço de análise de forma aleatória, da seguinte forma: a) dez (10) parcelas foram montadas no interior de sistemas agroflorestais; b) três (03) parcelas em áreas de agricultura; c) duas (02) parcelas em áreas de pastagem e como testemunho d) (03) parcelas sob floresta nativa. Após demarcadas com estacas sinalizadoras com tubo de PVC e identificadas com uma numeração sequencial, estas foram georreferenciadas por sistema de posicionamento global – GPS.

Em cada unidade experimental foi construído três monólitos de solo medindo 0,25 X 0,25m de largura e 0,20m de profundidade, distribuídos de acordo com as recomendações de Moreira et al., (2010). No total foram perfurados 108 monólitos de solo, 54 no período chuvoso e 54 no período de estiagem sul amazônica.

Em cada camada (0-10cm e 10-20cm) do monólito foi coletado uma fração de 500g de solo, para determinar as frações granulométricas, matéria orgânica (MO), densidade aparente (Das), atributos químicos e os teores de carbono orgânico total (COT). Foram coletadas 216 amostras (108 na camada 0 a 10cm e 108 na camada 10 a 20cm) de solo. Uma alíquota de 100g de cada amostra foi pesada, destorroada, peneirada e homogeneizada em bandeja esterilizada, com propósito de obter a amostra composta. Todas as amostras simples e compostas foram identificadas e armazenados em sacos plásticos e transportadas em ambiente refrigerado aos Laboratórios de Biogeoquímica Ambiental da Universidade Federal de Rondônia / UNIR e Agroanálise (MT), onde foram realizadas as análises dos atributos físico-químicas de solo.

3.1. Descrição da área experimental

Para quantificar os atributos químicos do solo quanto ao tempo de uso e ocupação da terra foram selecionadas 11 parcelas, instaladas em diferentes usos que não receberam agroquímicos na correção de solo (exceto o SQF15): i) floresta nativa (FN), ii) agricultura itinerante (Ai), iii) Agricultura mecanizada (Atm), iv) pastagem extensiva (PE), (v) sistema agroflorestal (SAF) e vi) quintais agroflorestais (SQF). O histórico de uso e ocupação da terra onde foram instaladas as unidades experimentais são descrição a seguir:

- a) *Floresta nativa* (FN): área de vegetação nativa típica da floresta sul amazônica. Classificada com ombrófila aberta de terras baixas com palmeiras. Foram selecionadas três áreas de reserva legal, sendo uma (FN1) com 300 hectares e duas (FN2 e FN3) de 80 hectares. Nestes fragmentos de floresta nativa, não há histórico recente de corte raro ou seletivo de madeira, bem como cultivo de plantas com adubação ou aplicação de agroquímicos, por isso a parcela situada na FN1 foi considerada uma área de referência.
- b) *Pastagem extensiva* (PE8): pasto formado exclusivamente de *Brachiaria brizantha* cv. marandu, com aproximadamente oito anos de implantação, após corte e queima da vegetação nativa no ano de 2007.
- c) *Pastagem extensiva* (PE12): histórico idêntico a pastagem anterior, porém o plantio da gramínea (*Brachiaria brizantha* cv. marandu) ocorreu após corte e queima da vegetação nativa no ano de 2003. Em 2010 o pasto foi reformado com o roço aparentemente sem queima de erva daninha lenhosa.
- d) *Agricultura temporária mecanizada* (Atm). No período de estiagem de 2011, a vegetação nativa foi removida com o uso de trator de esteira, em seguida procedeu-se a aração e a gradagem. Posteriormente foi realizada a abertura de sulcos para semeadura de maniva de mandioca (*M. esculenta*). Em 2015 a área foi abandonada.
- e) Na área de *agricultura itinerante* (Ai), a vegetação nativa foi recentemente derrubada e queimada, em seguida foram semeadas manivas (1º ciclo de corte e queima) de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), cuja produção destina-se a fabricação de farinha.
- f) Área de *agricultura itinerante com pousio* (Aip13): a floresta foi convertida em lavoura de *M. esculenta*. O 1º ciclo de cultivo ocorreu entre 1997 a 2001. Após a última colheita a área foi deixada encapoeira. Treze anos depois do pousio (2001 a 2014) a mata secundária foi cortada e queimada para início do 2º ciclo de cultivo de *M. esculenta*, mansa e brava.
- g) *Sistema agroflorestal* (SAF3): em 2011 houve a conversão da floresta em lavoura de *M. esculenta*, nas entrelinhas dessa cultura plantou-se abacaxi (*A. cosmosus*). Quando a planta de *M. esculenta* atingiu 1m de altura foram plantadas as espécies arbóreas (*B. excelsa*, *T. grandiflorum*, etc.) do SAF.
- h) *Quintal agroflorestal* (SQF15). Nesta área houve a conversão da floresta em cultivo de *M. esculenta* no primeiro ano (1999). Em 2000 foram plantadas as primeiras mudas de espécies arbóreas (*B. excelsa*, *T. grandiflorum*, *A. aculeatum*, *E. oleracea*, etc.) para formação do SQF. Antes do plantio das mudas foi usado calcário dolomítico na correção da acidez do solo.
- i) *Sistema agroflorestal com 19 anos de adoção* (SAF19). Este apresenta histórico idêntico ao SQF anterior, sendo as culturas anuais: *M. esculenta* e *Zea mays*, plantadas por 2 anos. Em seguida foram cultivadas as mudas de *B. excelsa*, *T. grandiflorum*, *A. aculeatum*, *E. oleracea*, *C. guianensis*, etc.

Na análise espacial, além das unidades experimentais descritas acima foram selecionados mais seis

(06) sistemas agroflorestais situados no assentamento Umari, tais como: SQF \geq 10³⁵, SQF \geq 10^{35a}, SQF \geq 10³⁹, SQF \geq 10^{56a}, SQF \geq 10⁵⁶ e SAF \geq 10⁶⁰, (nº. sobrescrito refere-se ao código dos lotes no sistema do INCRA). Todos apresentam histórico de conversão do uso da terra similar aos do SAF19 e SQF15.

3.2. Procedimentos laboratoriais

Os teores de matéria orgânica (MO) foram medidos a partir de amostras secas em estufa (105°C / 24h) e após combustão em mufla a 600° C por 6h. O teor da matéria orgânica (MO) foi determinado por diferença de peso da massa. E a granulometria por dispersão total. As amostras ficaram no dessecador até atingir a temperatura ambiente e foram pesadas (0,0001g) para argilas. A fração areia (grossa + fina) foi separada por peneiramento (0,2 mm; no. 70) e a fração silte foi determinada para cada amostra por cálculo de diferença (EMBRAPA, 1997).

O carbono orgânico total do solo foi determinado pelo método de oxidação da MO, contida em 0,5g de TFSA. As amostras foram acidificadas por solução de dicromato de potássio 0,4N. Para assegurar total oxidação do carbono, estas foram aquecidas em chapa elétrica até atingir a fervura branda por 5 minutos. Os teores C foram obtidos com base no volume da solução de sal Mohr de sulfato ferroso amoniacal (0.1N) gasto na titulação da amostra, calculados por meio da equação $C \text{ (g/kg)} = (40 - \text{volume gasto}) \times f \times 0,6$ ($f = 40 / \text{volume sulfato ferroso gasto na prova em branco}$) (EMBRAPA, 1997).

Para caracterizar os solos estudados determinou-se as concentrações de Al, Ca, Mg, K, P, o pH em H₂O e através da solução KCL⁻¹mol_l na proporção solo-líquido de 1: 2,5 o pH em KCL. A densidade aparente foi conhecida através do método de proveta, e os teores de nitrogênio (N) foram determinados por digestão e destilação pelo método de Kjeldahl (EMBRAPA, 1997).

3.3. Métodos estatísticos e geoestatísticos

O delineamento estatístico para as análises de variabilidade dos atributos físico-químicos e dos estoques de carbono orgânico do solo foi inteiramente casualizado. Os dados foram realizados em duas etapas. A primeira constituiu da organização de um banco de dados para as variáveis quantitativas discretas e contínuas. Por meio do *programa* IGest e Estat D+ foram aplicados testes de estatística descritiva (média, mediana, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, etc.) e média de Tukey $\alpha = 0,05$, na classificação da variabilidade dos atributos do solo. Ainda na perspectiva da estatística convencional foi realizado testes de correlação de Person envolvendo os valores de matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NT), pH e estoque de carbono (EC). Na segunda etapa foram aplicadas funções geoestatísticas de variabilidade espacial, com base na teoria de indicadores espaciais de associação local (*Lisa* ou *li*), preconizada por Arselin (1995). Esta é uma decomposição do Índice de autocorrelação espacial Global de Moran (ROGERSON, 2012). Por meio deste modelo foram estabelecidos os índices de dependência espacial (ICE) para os atributos físico-químicos e estoques de carbono orgânicos do solo, e os *Clusters* (agrupamentos espaciais) que possibilitaram a produção de mapas de distribuição espacial das variáveis analisadas. A rotina de elaboração dos mapas através dos SIG's Terraview e Spring segue o proposto por Linhares et al., (2014).

Os estoques de carbono (EC) do solo foram calculados para cada tratamento (uso e cobertura da terra) e camadas (0-10cm e 10-20cm) através da equação proposta por Fernandes e Fernandes (2008):

EC =

Em que:

EC = estoque de carbono total (Mg. ha⁻¹);

CO = Carbono orgânico total (g kg⁻¹);

Ds = densidade do solo (kg /cm⁻³);

e = espessura da camada de solo (cm).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise comparativa dos atributos físicos de solo sob distintos sistemas de uso da terra mostra que não há diferença significativa quanto aos teores de areia e silte entre as amostras de solo avaliadas sob sistema agroflorestal e a floresta de referência. Porém, a fração argila apresentou teores mais elevados nos SAF's quando comparado aos valores médios observados na floresta e nos demais sistema de uso da terra. Os resultados da análise de variância indicam que não há diferença significativa quanto à composição textural entre os solos dos sistemas agroflorestais, o que sugere a hipótese de tratar-se, em cada unidade experimental, do mesmo tipo de solo. Este comportamento foi verificado por Mcgrath et al., (2001), que constataram não haver diferença entre as frações granulométricas (exceto o teor de silte no SAF19) de um solo sob sistema agroflorestal no RECA. Isto evidencia que as propriedades físicas do solo não sofrem alterações por erosividade e erodibilidade após alguns anos de implantação e de manejo adequado do SAF, o que já era esperado, uma vez que, não ocorreu revolvimento do solo. Além disso, a medida que as espécies arbóreas e arbustiva do SAF desenvolvem-se em termos de dossel, amenizam os efeitos da energia cinética das gotas de chuva, que promovem a desagregação dos minerais da fração mais fina dos solos (Argila). Resultado semelhante foi observado no estudo de Menezes et al., (2008) realizado no município de Itapuã do Oeste, situado no noroeste do território rondoniense.

Os valores de pH em água e KCL não apresentaram variações significativas em todos as categorias de uso da terra. O pH do solo foi superior na área sob SAF's, (pH – SQF15: 0 – 10cm =, 3,9 e 10 – 20cm = 3,8) em todas a profundidades e, em relação aos solos amostrados sob pastagem, agricultura mecanizada e itinerante (Tabela 1). O maior tempo de adoção do SAF em relação a agricultura itinerante (Ai) propiciou aumento da acidez no SQF15 e SAF19. Este fato pode estar diretamente relacionado com o maior aporte de matéria orgânico do solo (MOS) produzido no SAF se comparado a outros sistemas agrícolas praticados na pequena propriedade rural sul amazônica.

Os valores médios de pH em KCL mantiveram-se em todos os sistemas de uso da terra inferiores ao pH /H₂O, comportamento que evidencia a predominância da capacidade de troca de cátions (CTC) sobre a capacidade de troca de ânions (CTA), bem como é um indicativo da presença preponderante dos argilominerais cauliniticos e quartizticos, que reflete a pobreza geoquímica dos solos no assentamento rural – Umari (MELO et al., 2006).

Uma das múltiplas funções MOS é complexar os cátions H⁺ e Al³⁺ livres, presentes nos compostos orgânicos aniônicos dos resíduos vegetais no solo, e adicionar as bases trocáveis (Ca, Mg e K). Este processo biogeoquímico causa redução na acidez do solo e elevação no valor do pH (IWATA et al., 2012). Dentre os sistemas de uso da terra avaliados, na área de agricultura itinerante (Ai) não foi evidenciado a ação da MOS em relação a pH, visto que houve nesta área acentuada perda de biomassa com a prática de corte e queima da vegetação, durante o preparo da área para o plantio de mandioca. Nesta parcela os valores de MOS foram muito baixos, especialmente na profundidade 10-20cm (3.39 g/kg). Na parcela de agricultura mecanizada (Atm) o baixo valor MOS está relacionada a retirada da camada orgânica com auxílio de maquinário agrícola.

Os níveis de cálcio e magnésio apresentaram aumento sútil nas parcelas de pastagens (PE8) e (PE12). Nos demais sistemas agrícolas, os valores foram baixíssimos, sendo na área de referência (FN) registrado o menor valor de bases trocáveis. Em oposição ao comportamento das bases trocáveis os teores médios de fósforo (P), se mantiveram significativamente alto nos SAF's em especial na camada de 0-10cm (9,3 mg/ dm³) no SQF15.

Um fato singular chama a atenção, os valores médios P, nos SAF's, registrados no período chuvoso foram de duas a quatro vezes maiores do que os determinados em Ai e FN, respectivamente. Isto significa que os sistemas agroflorestais, bem manejado são mais eficientes na ciclagem do P se comparado aos demais uso da terra estudados. Estes resultados estão de acordo com os registros por Lima et al., (2011) em solo avaliados

sob sistemas agroflorestais de 3, 6 e 10 anos de adoção no norte do Piauí e, de Tornquist et al., (1999) ao compararem a reserva de P em solo sob sistemas agroflorestais e pastagem, em pequena propriedade rural familiar situados em Sarapiquí Cantón, região litorânea do Atlântico da Costa Rica, América Central.

Vários estudos têm demonstrado que a baixa reserva de fósforo (P) dos solos amazônicos compromete mais de 90% o desenvolvimento das culturas anual e perenes praticadas pelos povos amazônicos em ambiente de terra firme (MENDONÇA-SANTOS et al., 2008). A deficiência desse nutriente é tradicionalmente suprida no interior da pequena propriedade rural familiar através da biomassa calcinada na forma de cinza e carvão vegetal, produzida a partir de corte e queima da cobertura vegetal primária. Entretanto, sem a manutenção regular de resíduos vegetais calcinados, após dois ou três anos de intenso carreamento das cinzas por lixiviação, o aporte de fósforo entre outros elementos, decrescem acentuadamente promovendo a queda acentuada deste elemento químico do solo (MENDONZA et al., 2000). O abandono (pousio) da área pelo agricultor, com a finalidade de “descansar a terra”, após sucessivos anos de produção, continua sendo uma prática muito comum os assentamentos rurais no sul da Amazônia. Em função disso, a regeneração natural da cobertura vegetal (capoeira ou mata secundária) é vista pelo pequeno produtor do PA-Umari, como uma prática de manejo da terra destinada a reposição natural de nutriente para que a terra volte a produzir novamente, porém, o valor médio de fosforo (3,70 mg / dm³, / 0 -20cm de profundidade), observado nas amostras de solo da parcela de agricultura itinerante, com 13 anos de abandono ou pousio (Aip13) mostra que tempo de reposição desse atributo químico é bem maior do que os praticados pelos agricultores sul amazonenses. Para Foster et al., (2003) as mudanças no uso e cobertura da terra alteram a dinâmica natural do fluxo de nutrientes e carbono do solo, uma vez que esse serviço de suporte prestado pelos ecossistemas florestais pode ser afetado por mais de 100 anos, depois de cessada a prática agrícola em um determinado espaço rural.

Tabela 1 – Valores médios de atributos químicos e granulométricos da profundidade de 0 – 20cm de solo sob diferentes sistemas de uso e cobertura da terra no PA-Umari, sul do Amazonas.

Atributos do solo	Sistemas de uso e cobertura da terra								
	FN	PE8	PE12	Atm	Ai	Aip13	SAF3	SQF15	SAF19
pH / H ₂ O	4,00 ^a	4,6 ^c	4,8 ^c	4,7 ^c	4,5 ^a	4,5 ^a	4,01 ^a	3,85 ^b	4,15 ^a
pH/ KCL	3,33 ^a	3,85 ^a	4,05 ^b	3,9 ^a	3,8 ^a	3,8 ^a	3,34 ^a	3,15 ^a	3,45 ^a
P (mg/dm ³)	2,43 ^a	2,25 ^a	3,9 ^b	2,45 ^a	2,30 ^a	3,70 ^b	3,90 ^b	7,45 ^d	4,95 ^c
K (mg/dm ³)	18,97 ^a	33,65 ^b	33,9 ^b	26,4 ^c	28 ^c	28,75 ^c	37,29 ^b	46,35 ^d	37,85 ^b
Ca+Mg ¹	0,25 ^a	0,86 ^a	0,96 ^{ab}	0,49 ^a	0,31 ^a	0,71 ^a	0,30 ^a	0,31 ^a	0,27 ^a
Al	4,36 ^c	2,63 ^b	1,75 ^d	2,66 ^b	4,70	3,07 ^a	2,29 ^b	2,39 ^b	2,35 ^b
V%	2,72 ^e	8,74 ^c	8,95 ^c	6,99 ^b	4,26 ^a	7,34 ^{cb}	3,83 ^d	3,43 ^d	3,25 ^d
MOS (g/kg)	4,58 ^a	4,55 ^a	4,79 ^a	3,17 ^c	3,64 ^c	4,65 ^a	3,85 ^c	5,05 ^b	4,61 ^a
CTC	10,77 ^a	10,41 ^a	11,38 ^b	7,91 ^d	8,98 ^d	10,51 ^a	10,63 ^a	12,49 ^c	11,18 ^b
SAT. Al	93,60 ^c	71,76 ^b	61,33 ^d	82,63 ^a	92,43	77,91 ^b	85,00 ^a	84,72 ^a	86,39 ^a
Areia (g/kg)	559 ^a	565 ^a	465 ^b	539 ^a	515 ^a	448 ^b	498 ^{ab}	506 ^a	423 ^b
Silte (g/kg)	169 ^a	174 ^a	225 ^c	198 ^a	198 ^a	241 ^c	154 ^b	139 ^b	225 ^c
Argila (g/kg)	272 ^c	260 ^c	309 ^{ab}	262 ^c	287 ^c	311 ^a	347 ^{ba}	354 ^b	352 ^b

Obs.: floresta nativa (FN), pecuária (PE), agricultura mecanizada (Atm), agricultura itinerante (Ai), agricultura itinerante com treze anos de pousio (Aip13) e sistema agroflorestral (SAF's) com 3, 15 e 19 anos de adoção. Ca+Mg: cálcio + magnésio (cmol_c / dm³). Al: alumínio (cmol_c / dm³). Capacidade de troca catiônicas (CTC). Matéria orgânica do solo (MOS). Saturação por alumínio (SAT.Al). Potássio (K) fósforo (P). Média seguida da mesma letra não difere entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

O aumento do fósforo no SQF15 está associado a ausência de revolvimento do solo, manutenção dos resíduos vegetais da serrapilheira e, principalmente devido ao plantio de espécies arbóreas chaves, como a *Bertholletia excelsa humb*, etc., cujos sistemas radiculares (espécies adultas) retiram nutrientes das camadas mais profundas do solo e liberam periodicamente na superfície do solo na forma de biomassa vegetal. A atuação conjunta quase simbiótica, da macrofauna invertebrada e da microbiota do solo sobre a matéria orgânica favorece o processo de fragmentação, decomposição, ciclagem e a disponibilidade do fósforo, bem como do potássio na camada superficial do SAF's. Comportamento similar foi observado em sistema agroflorestal por Peneireiro (1999). E valores (6,03 mg.dm³ / 0-10cm) da mesma ordem de grandeza foram observados em solo sob sistema agroflorestal situados nas proximidades da cidade de Humaitá -AM, em estudos realizados por Oliveira et al., (2015).

A afirmação que a matéria orgânica não calcinada, oriundas das espécies arbóreas dos SAF's melhoram a qualidade nutricional do solo foi confirmada por meio de trabalho de Silva et al., (2006), ao observar correlação positiva e significativa entre MO e P, embora, o coeficiente de correlação tenha sido fraco neste trabalho ($r = 0,3470$) e não-significativo ($r = - 0,1660$) (correlação ínfima negativa) entre P e pH, indicando a pouca solubilidade devido a acidez elevada dos solos no PA-Umari -AM.

Inversamente aos valores de P e K, os teores de Al evidenciaram uma significativa diferença nos SAF's em relação a FN e, aos demais sistemas agrícolas estudados, exceto na Ai, cuja [Al] foi a mais baixa registrada no solo do PA-Umari. Estudos realizados por Silva et al., (2012) em Área de Proteção Ambiental (APA) no município do Paraty Rio de Janeiro, os teores de Al apresentaram características semelhantes ao do presente estudo. Porém, Silva Junior et al., (2012) em SAF's (8 anos) situado no município de Concórdia- PA (Amazônia oriental) e Cesar et al., (2015) em SAF's multiestrato (5 e 10 anos) na região do Vale do Ribeira registraram [Al] menores que os valores determinados neste estudo.

A CTC foi superior nos SQF15 e SAF19. A eficiência troca catiônica observadas nos sistemas agroflorestais com maior tempo de adoção, pode estar relacionada a dois fatos: o primeiro corresponde à presença do sistema radicular das espécies arbóreas e arbustivas que atuam em superfície no melhoramento da estrutura física e a respiração do solo. O segundo está relacionado a maior densidade de grupos taxonômicos da pedofauna que habitam a camada superficial do solo, fato observado no SQF15. A Junção desses fatores tem possibilitado à aceleração da ciclagem de nutriente, propiciando a melhoria da qualidade do solo (Peneireiro, 1999). A este respeito Barreto et al., (2005) e colaboradores esclarecem, que a atividade biológica é altamente concentrada nas primeiras camadas de solo, entre 1 e 10 cm, podendo ser identificada em proporções variadas até a profundidade de 30 cm. Ainda enfatizam que até a profundidade mencionada, a pedofauna responde imediatas a qualquer mudança no solo e no ambiente.

Nos SAF's, seguido pela FN e Ai os valores da saturação por base (V%) foram significativamente inferior aos observados nas parcelas de pastagens (PE8 e PE12), agricultura mecanizada (Atm) e itinerante com pousio de 13 anos. As [Al] e a saturação por alumínio (m%) influenciaram na saturação por base (V%); estes resultados diferem dos valores registrados por Silva et al., (2014) em sistemas agroflorestais e consorcio florestal, com 14 anos de adoção situado no município de Alta Floresta (MT) sul da Amazônia Legal.

4.1. Densidade aparente, teores e totais de carbono e nitrogênio no solo

Os valores de densidade aparente do solo (DAS) observados na área de estudo variaram entre os mínimos de 0,96 g/cm³ (0-10cm), na estação seca e 0,97 g/cm³ (0-10cm) na chuvosa, e máxima DAS de 1,15 g/cm³ (10-20cm) no período de estiagem. Valor absoluto de 1,23 g/cm³ DAS foi registrado em sistema agroflorestal. Fearnside (1980) registrou densidade médio do solo 1,188 g/cm³ (período chuvoso 1,237 g/cm³), ao avaliar a perda de solo em vários usos da terra em área de colonização, situadas ao longo da rodovia Transamazônica (BR-230). Resultados semelhantes foram encontrados por Brito et al., (2012) em SAF localizado no vale do rio Juruá, nos limites do município de Cruzeiro do Sul (Estado do Acre) sudoeste Amazônico. Analisando cronologicamente os resultados da DAS observa-se um aumento gradativo na camada superficial (0-10cm) do solo, principalmente no

período chuvoso. Comportamento similar foi observado por (BONINI, 2014) em sistemas agroflorestais com 5 e 30 anos de adoção no município de Querência (MT), situado no sudeste da Bacia Amazônica.

A densidade do solo não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os sistemas de uso e cobertura da terra em nenhuma das profundidades amostradas. Os valores encontram-se dentro do limite aceitável para o bom desenvolvimento das culturas regionais. De acordo com Neves-Junior et al., (2013) para solos com textura franco-argilo-arenosa, valores $DAS \geq 1,60 \text{ Mg/m}^3$ podem influenciar no crescimento do sistema radicular de algumas culturas agrícolas. E valor acima de $1,75 \text{ Mg/m}^3$, confere restrições severas (valor de densidade crítica) ao adensamento do sistema radicular de algumas espécies vegetais cultivadas no bioma Amazônico. Por outro lado, Bonini (2014) encontrou cultivo de *Hevea brasiliensis* (seringueira) bem desenvolvido em solo de textura média, cuja densidade aparente variava entre 1,31 a $1,26 \text{ g/cm}^3$. Neste estudo todos os sistemas de uso e cobertura da terra apresentaram densidade aparente próxima ao ideal para algumas culturas temporários e abaixo do crítico.

Em todos os sistemas testados os teores de CO do solo foram superiores na área sob pastagem (PE8 e PE12), sistemas agroflorestais (SAF19 e SQF15) e floresta nativa (FN) usada como referência. Medianos na agricultura itinerante com pousio de 13 anos (Aip13) e inferiores no solo sob agricultura, itinerante (Ai), mecanizadas (Atm) e SAF03. Na profundidade de 0-10cm durante a estação chuvoso sul amazônica, o teor de C do solo sob Atm, apresentou diferença significativa em relação a área de referência e aos SAF's com maior tempo de adoção (Tabela 2). Com o aumento da profundidade, houve diminuição das [CO] no solo em todas as parcelas instalações nos nove sistemas de uso e cobertura da terra avaliados.

Os elevados teores de CO na floresta nativa e no SAF19 estão relacionados à ausência de revolvimento do solo e remoção da serrapilheira, sendo mais espessa no FN quando comparada a liteira observada no SAF19. Condição que favorece maior atuação dos organismos responsáveis pela fragmentação e, por conseguinte transformação do tecido vegetal em compostos orgânicos, dentre outras substâncias essenciais para ecossistema e agroecossistema (BARTZ et al., 2014). A presença da matéria orgânica viva (MOV) e morta (MOM) sob solo, do SAF19 propiciou menores perda de MOS por erosividade no período chuvoso. Junqueira et al., (2013) relata na sua pesquisa que vários agricultores do assentamento Sepé-Tiarajú (Ribeira Preto – SP) ressaltaram que o SAF promoveu maior controle da erosão, bem como a manutenção constante de restos vegetais sobre o solo. Emanando deste serviço ambiental prestado pelo SAF outros serviços, tais como: controle do escoamento superficial de água do solo, controle do carreamento de sedimentos e elevação da fertilidade natural. A diminuição dos teores C no solo, no período seco e chuvoso, nos demais uso da terra foi atribuído ao menor aporte de MOS, em virtude do tipo de manejo adotado pelos colonos do PA – Umari.

As [CO] na PE8 e PE12 foram elevadas e diferiram-se significativamente das demais categorias de uso da terra, exceto os teores registrados na FN e SAF19 na estação chuvoso. O teor mais elevado de C registrado no PE12 no período de seco sul amazônico, provavelmente pode estar relacionado a incorporação de resíduos vegetais proveniente da reformar (roço das ervas daninhas sem queima da biomassa) do pasto (Figura 2). A este respeito, Luizão et al., (2009) ressaltam que há localidades na Amazônia cujos teores de C em solo sob pastagem são menores, se comparados aos observados na floresta primária. Em outras áreas geográficas a gramínea de pastagem antigas reduz a produtividade com o passar dos anos, mas as concentrações de C do solo permanecem relativamente constantes por décadas. A este aspecto Moraes et al., (1996) verificaram que o conteúdo de COT do solo, a uma profundidade de 30cm sob pastagem bem manejada, com idade de 20 anos foram 20% mais altos do que áreas de florestas primária remanescente na Amazônia Ocidental.

Tabela 2 – Valores densidade aparente (DAS), carbono orgânico (CO), nitrogênio (NT) e relação carbono e nitrogênio (C/N) de 0 – 20cm de solo sob diferentes sistemas de uso e cobertura da terra do PA-Umari.

Sistema	DAS		CO		NT		C/N	
	g/cm ³		g/kg		g/kg			
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
0-10cm								
FN	0,98	0,97	10,69	16,87	1,24	1,40	13,78	11,04
PE8	0,96	0,99	16,48	15,61	1,25	1,84	13,18	18,58
PE12	0,98	0,97	17,56	13,01	1,28	1,75	13,72	17,35
Atm	1,00	1,00	6,33	2,48	0,94	0,86	6,73	2,88
Ai	1,00	1,04	8,75	6,79	0,98	0,72	8,93	9,43
Aip13	1,00	1,17	13,60	12,77	0,92	1,12	14,78	11,40
SAF3	1,12	1,06	6,98	8,14	1,09	1,65	6,40	4,93
SAF15	1,13	1,06	11,09	15,78	1,35	1,81	8,21	8,72
SAF19	1,01	1,08	13,28	17,35	0,94	1,98	14,13	8,76
10-20cm								
FN	0,96	1,01	9,09	11,37	0,85	1,50	16,34	9,63
PE8	0,98	1,03	8,67	11,34	1,08	0,74	8,03	15,32
PE12	0,99	1,01	10,75	9,28	1,07	0,70	10,05	13,26
ATm	1,00	1,00	5,32	6,42	0,82	0,72	6,49	8,92
Ai	1,00	1,01	6,78	6,70	0,76	0,99	8,92	6,77
Aip13	1,00	1,07	11,70	7,76	0,78	0,92	15,00	8,43
SAF3	1,11	1,05	4,49	5,54	0,71	1,17	6,32	4,74
SQF15	1,15	1,04	9,85	10,50	0,98	1,40	10,05	7,50
SAF19	1,03	1,07	10,12	9,22	0,70	1,40	14,46	6,59

Obs.: floresta nativa (FN), pecuária (PE), agricultura mecanizada (ATM), agricultura itinerante (Ai), agricultura itinerante com treze anos de pousio (Aip13) e sistema agroflorestal e quintal agroflorestal (SAF e SQF) com 3, 15 e 19 anos de adoção.

Outras duas possibilidades podem explicar os teores de C nas parcelas sob pastagens. (i) Inclusão de raízes finíssimas durante os procedimentos laboratoriais de análises do solo e (ii) presença de carbono recalcitrante na forma de carvão produzidos por meio do manejo tradicional de corte e queima da floresta primária para implantação da pastagem (Figura 2). Nesta forma o carbono permanece inacessível à ação da pedofauna do solo decompositora de resíduo vegetal (SALIMOM, et al., 2007).

Alguns estudos evidenciam o potencial dos SAF's, na retenção de carbono, acima e abaixo do solo ao longo do ano. Neste estudo, constatou-se que os teores médios de CO nos SAF's foram mais elevados na estação chuvosa, com decréscimo na estação seca. A maior deposição de C no solo durante o inverno austral sul amazônico de 2015, nos diversos usos e cobertura da terra do PA-Umari é devido, provavelmente, a predominância da classe textural média que favorece a infiltração de H₂O e CO na forma de substâncias húmicas da superfície para as camadas mais profundas do solo, principalmente onde prevalece espécies arbóreas (NEU, 2005).

Neste estudo, as [CO] no solo sob FN estão de acordo com os registrados por Iwata et al., (2013) e Lima et al., (2011) mais diferentes das concentrações observados em SAF's. Todavia, Vasconcelos et al., (2005) ao compararem a quantidade de carbono e nitrogênio acumulado em solo sob vegetação secundária de diferentes idades de pousio (2, 4, 6 e 14), nas estações seca e chuvosa, na Amazônia oriental perceberam que os percentuais médios de COT na profundidade de 0 – 5cm foram mais elevados na época chuvosa. No contexto dessa discussão, Marques et al., (2013) esclarecem que os solos arenosos apresentam elevado potencial de armazenamento temporária de carbono, porém devido as características físicas do solo de textura arenosa, média, o C estocado pode ser facilmente perdido para outros ambientes em circunstância de mudança do uso e cobertura da terra.



Figura 2 – (A). Pasto com oito anos de plantio na área do assentamento Umari (PE8). (B) Área de pastagem (PE12) reformada situado no cruzamento do ramal do 12A/12B.

Os teores de NT do solo foram superiores nas parcelas de PE8, PE12 e SAF's, seguidos pela FN e inferiores nas parcelas sob agricultura. Os testes estatísticos de correlação de Pearson realizados com amostras de solo coletados no período chuvoso, na camada de 0 –10cm de profundidade apresentaram uma relação positiva moderada ($r^2 = 0,7720$) significativa entre [CO] e [N]. Fraca positiva ($r^2 = 0,5051$) para as mesmas concentrações no período seco.

Estes resultados estão de acordo com os observados por Alves (2012) em solo sob sistema agroflorestal situado na zona rural da cidade satélite de Planaltina (DF), região central do bioma cerrado e, por Neu (2005) que observou maior concentração de nitrogênio em solos sob cobertura vegetal coincidindo com o final do período chuvoso, da região central do bioma Amazônico. De acordo com Iwata et al., (2013), os SAF's são sistemas mais conservacionistas se comparado a agricultura itinerante e a pecuária extensiva, já que os SAF's mostram maior eficiência em manter e até, propiciar o aumento dos teores de N e CO, fato observado no SAF19 e SQF15 ao comparamos as [N] e [C] registradas na FN de referência.

4.2. Análise espacial dos estoques de carbono orgânico do solo

Os estoques de CO e NT foram afetados de modo significativo pelos sistemas de uso e cobertura da terra avaliados (Tabela 3). Considerando todas as profundidades de solo, os maiores valores de estoque de CO foram observados na floresta nativa (FN), seguidos pelo sistema agroflorestal (SAF19) e pastagem (PE8), na estação chuvosa e na PE12 na estação seca sul amazônica. Valores de estoque de C intermediários foram registrados no SQF15, Aip13 e inferiores à média regional nos sistemas agrícolas, itinerante (Ai), mecanizada (Atm) e agroflorestais com três anos de adoção. Os sistemas de uso e cobertura da terra com ausência e menor revolvimento do solo apresentaram maior capacidade de estocagem de CO na profundidade de 0 -10 e 0-20cm. Enquanto os sistemas de uso da terra cujo manejo do solo baseia-se na conversão da floresta nativa através do corte e queima da vegetação primária, e revolvimento por meio de máquinas pesadas apresentaram tendência em armazenar menos CO, como observados nos sistemas Ai, Atm e Aip13. O aumento do estoque CO em solos sob sistemas agroflorestais pode estar relacionado a três fatores principais: (i) maior aporte de fitomassa (resíduos vegetais) que o sistema recebe ao longo dos anos com baixa interferência antrópica, (ii) proteção geofísica dos compostos orgânicos em profundidade, contra a ação de organismos decompositores de CO nos agregados do solo; e (iii) proteção geoquímica das substâncias orgânicas através da interação destas com os minerais e cátions do solo que reduz o processo de decomposição das moléculas de carbono no ecossistema solo (RANGEL et al., 2007).

Esperava-se que o estoque de CO armazenado no solo sob SAF's em todos os períodos e profundidades

avaliadas fossem superiores aos observados sob sistema de pastagem, uma vez que as áreas de pastagem tendem a ser mais perturbadas, devido ao pastejo do gado e exposição do solo aos processos de lixiviação e erosão hídrica. Entretanto, estoques elevados de COT foram registrados no período seco na PE12 na camada de 0-10 e 0-20cm, com significativa diferença numérica de valores para floresta nativa (FN) de referência. Comportamento similar foi observado na parcela sob pasto com oito (PE8) anos de implantação, com pequena diferença numérica de valores em relação ao SAF19.

Este desempenho favorável em armazenar CO, apresentado nas parcelas sob pastagens podem estar associados a dois fatores: i) as parcelas PE8 e PE12 foram instaladas no terço inferior da vertente, nas proximidades de uma rede de drenagem efêmera e dos currais, usados para tratamento fitossanitário do rebanho bovino. E possível que um volume considerável de compostos orgânicos confinados na camada superficial do solo, no terço médio e superior, possa ter sido cariado para à base da vertente (terço inferior), durante as chuvas torrenciais sul amazônicas. ii) O outro fator que melhor explica o estoque de CO armazenado no solo sob pastagem é o aporte de resíduo animal incorporado ao solo, uma vez que diariamente o rebanho bovino permanece nas proximidades desta área, em virtude da oferta de água (período chuvoso) e ração disponibilizada pelo fazendeiro. Este aumento no estoque de CO do solo sob pastagem foi observado em outras áreas de pasto, como mais de cinco anos de formação no Sudoeste Amazônicos por Morais et al., (1996); Bernoux (1999). E combinam-se com os obtidos por Silva-Junior et al., (2009), que verificaram aumento nos estoques de carbono na camada de 0-10cm de solo conforme o tempo de conversão da floresta em pastagem, na microrregião de Marabá (Pará) Amazônia oriental.

Apesar dos estoques de carbono do solo sob pastagem obtidos neste estudo estarem compatíveis com os registrados em outras pesquisas realizadas na Bacia Amazônica, este deve ser visto com certa cautela, em termo de mitigação de gases do efeito estufa (GEE), já que o plantio de *gramínea* para formação de pastos no sul do Amazonas, a décadas tem sido realizado mediante derrubada e queima floresta primária. Associa-se a este processo a queima da pastagem como forma de manejo e controle de pragas. Prática que implica na emissão líquida de dióxido de carbono para atmosfera. Por isso, podemos entender que as áreas de pastagens destinadas a criação extensiva do gado de corte no assentamento Umari e a longo da rodovia Transamazônica (BR-230), configura-se uma fonte líquida de emissão de carbono e não um sumidouro (SALIMON et al., 2007).

Os estoques de nitrogênio total (EN) apresentaram tendência similar aos do COT, variando de 0,94 a 1,99 Mg N. ha⁻¹ na camada superficial, e de 0,72 a 1.51 Mg N. ha⁻¹ (valores não tabelados) na camada mais profunda (10-20cm). O volume NT estocado no solo sob SAF's com 19, 15 e 3 anos de adoção foram superiores aos observados em amostras de solo coletadas nas parcelas de PE8, FN e, aos totais encontrados em solos amostrados nas parcelas de agricultura Ai, Atm e Aip13. O SQF15 que recebeu adubação química para correção de acidez apresentou estoque de NT ligeiramente maior do que os demais sistemas avaliados.

A aplicação de calcário dolamítico no SQF15 possibilitou a redução da acidez do solo, fato que pode ter favorecido maior atuação de fungos e bactérias fixadoras de nitrogênio no solo. O aporte de resíduos vegetais incorporado ao solo ao longo do ano.

Tabela 3 – Estoques totais de carbono orgânico (ECO) e nitrogênio (ENT) na camada de 0-20cm de profundidade de solo sob diferentes sistemas de uso e cobertura da terra no PA – Umari – AM.

Sistema	Profundidade cm	Estoque de carbono Mg C. ha ⁻¹		Estoque de nitrogênio Mg N. ha ⁻¹	
		Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
FN	0-10	10,47	18,32	1,16	1,37
PE8	0-10	15,88	15,53	1,25	1,81
PE12	0-10	17,30	12,68	1,28	1,50
ATM	0-10	6,36	6,85	0,94	0,86
Ai	0-10	8,78	2,58	0,98	0,72
Aip13	0-10	13,66	15,01	0,92	1,12
SAF3 ¹	0-10	7,81	8,70	1,09	1,66
SQF15 ²	0-10	12,63	21,02	1,36	1,82
SAF19 ³	0-10	13,40	18,86	0,94	1,99
FN	0-20	19,49	31,42	2,05	2,51
PE8	0-20	24,36	27,27	2,34	3,55
PE12	0-20	29,91	22,02	2,35	3,20
ATM	0-20	11,70	13,62	1,76	1,59
Ai	0-20	15,60	9,11	1,74	1,72
Aip13	0-20	15,79	23,33	1,71	2,04
SAF3 ¹	0-20	12,82	14,53	2,00	2,84
SQF15 ²	0-20	23,98	26,01	2,35	3,58
SAF19 ²	0-20	23,86	28,77	1,65	3,40

Obs.: floresta nativa (FN), pecuária (PE), agricultura mecanizada (Atm), agricultura itinerante (Ai), agricultura itinerante com treze anos de pousio (Aip13), sistema agroflorestal (SAF's) e quintal agroflorestal (SQF) com 3⁽¹⁾, 15⁽²⁾ e 19⁽³⁾ anos de adoção. Megagrama por hectares (Mg ha⁻¹).

É apontado por Leite et al., (2003) como uma das causas para o aumento dos estoques de COT e NT do solo. Esta suposição teórica foi análise neste estudo através do teste estatístico de correlação de Pearson, envolvendo os estoques de nitrogênio total (EN) e os de matéria orgânica (MO). Os resultados revelaram uma correlação moderada ($r^2 = 0,5441$) significativa positiva no período chuvoso e fraca ($r^2 = 0,3105$) positiva para a estação seca (Figura 3). Além desses fatores Araújo et al., (2011) sugere que o ciclo de umedecimento e secagem do qual estão submetidos os solos sul amazônicos, pode favorecer a mineralização de C e N.

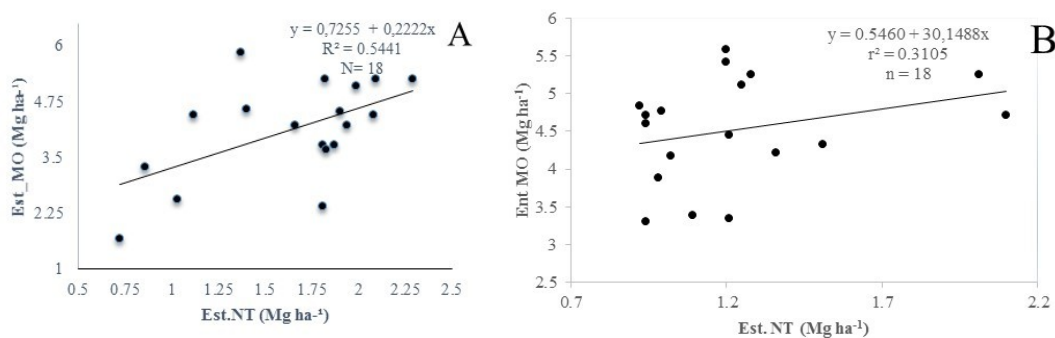


Figura 3 – (A) Relação do estoque de nitrogênio total e matéria orgânica de solo amostrado na camada de 0 – 10cm profundidade no período chuvoso. (B) Relação do EN e EMO de solo amostrado no período seco.

Os maiores estoques de CO e NT no solo sob o SAF $\geq 10^{35}$, SQF $\geq 10^{56}$, SAF19 e SQF15 com maior tempo de implantação no assentamento PA-Umari evidenciam que a cobertura da terra formada pela dominância de espécies pertencentes a família botânica das *Sterculiaceae*, (*Theobroma grandiflorum* Schum, *Theobroma Cacao* L, etc.), *Arecaceae* (*Astrocaryum aculeatum* G. F. W. Meyer, *Bactris gasipaes* Kunth, *Euterpe oleracea* Martius), *Meliaceae* (*Carapa guianensis* Aubl.) e, principalmente *Lecythidaceae* (*Bertholletia excelsa* Humb); estão corroborando no incremento de resíduos vegetais sobre a camada superficial do solo no interior dos sistemas e conseqüentemente nos teores de matéria orgânica, compartimento que constitui um dos principais reservatórios de carbono e nitrogênio nos solos sul amazônicos (SANTIAGO et al., 2013; ARAÚJO et al., 2011; FIK et al., 1995).

4.3. Variabilidade espacial dos estoques de carbono orgânico

Com a finalidade de verificar dependência espacial para a variável estoque de carbono (EC) do solo, no espaço de amostragem avaliado foram aplicados os testes de autocorrelação espacial global e local de *Moran* (*Im* e *Li*), decomposto por Arselin (1995). Os resultados dos testes de correlação espacial global de *Moran* (*Im*) demonstraram que não há presença de dependência espacial entre os valores EC calculados para as diversas categorias (sistema agroflorestral, Agricultura, pecuária e Floresta) e classes de uso da terra avaliadas (Agrícolas = Ai, Atm e Aip13; SAF19, SQF15, etc.), uma vez que o índice global de *Moran* teve valor de -0.03002 (ínfima negativo correlação espacial) e significância de 0,39 ($p < 0,05$). Este traz evidências de que não se deve rejeitar a hipótese da ausência de correlação espacial para a variável EC em escala regional. Por outro lado, a total interdependência espacial está descartada, já que o *Im* não foi nulo, ou seja, valor 0 (BIGARENI, 2014).

A partir da análise de correlação espacial local – *Li* foi possível identificar correlação espacial (ICE) perfeita positiva direta, com nível significância estatística inferior a 5% para os valores de EC do solo nas parcelas sob os SQF $\geq 10^{56a}$ e SQF $\geq 10^{35}$, na camada de 0 -10cm de profundidade no período seco e chuvoso, Resultado semelhante foram observados para os EC do solo acumulados de 0-20cm de profundidade nas parcelas sob Floresta nativa (FN) e sistemas agroflorestais (SAF19, SQF $\geq 10^{56}$ e SQF $\geq 10^{35}$) com mais de dez anos de implantação na área avaliada. Todos apresentaram níveis iguais ou inferiores a 5% de confiança (Tabela 4). Foi constatado tendência no aumento no índice dependência espacial (ICE) para os valores de EC do solo na camada 10 - 20cm de profundidade, principalmente nas parcelas sob SAF's (Figura 4/B e 4/C). Chig et al., (2008) ao avaliarem a variabilidade espacial do conteúdo de argila e carbono orgânico registraram aumento no grau de dependência espacial na camada subsuperficial de solos amostrados em quatro microbacias, situadas no município de Juruena (MT) na Amazônia meridional.

Os solos amostrados sob sistemas agrícolas Aip13, Ai e Atm apresentaram ICE nulo e fraco, com nível de significância superior a 5%, resultados que indicam uma expressiva independência espacial para os estoques de carbono nas camadas de 0 – 10cm e 0 – 20cm de profundidade nos dois períodos avaliados. Entretanto, os ICE para os EC do solo nas parcelas sob os, SQF15, SAF $\geq 10^{60}$, SAF $\geq 10^{39}$ e SQF $\geq 10^{35a}$ variou de moderado a perfeita. Nestes sistemas esperava-se que os níveis de significância permanecessem iguais ou inferiores a 5% confiança, uma vez que a composição florística, a classe de solo, a topográfica e a distância entre as parcelas de amostragens apresentam características similares. Filho et al., (2007), ressaltam que solos sob paisagem aparentemente homogêneas podem apresentar alta variabilidade espacial nos teores e estoques de carbono orgânico, fenômeno que pode ocorrer mesmo em pequenas distâncias. Do mesmo modo, Cerri et al., (2004) utilizando técnicas geoestatísticas observaram elevada heterogeneidade espacial de algumas propriedades físico-químicos (conteúdos de C e textura do solo) de solos amostrados em uma pequena área de pastagem recuperada na fazenda Nova vida, localizada no município de Ariquemes (Rondônia).

Tabela 4 – Variabilidade espacial do estoque de carbono orgânico de 0 -20cm de profundidade do solo sob diferentes sistemas de uso e cobertura da terra no PA – Umari-AM.

Sistema	Geoestatística espacial					
	EC do solo	Clusters.	Z	Wz	Li	Sig.
0-10cm						
FN	18,31	3	±8.505	6.140	-1.0531	0*
PE8	15,53	1	±9.865	1.335	0.2650	0.32
PE12	15,68	1	±9.215	1.020	0.1890	0.42
Atm	6,85	3	±3.215	0.856	-0.0555	0.49
Ai	2,58	3	±2.195	0.599	0.0260	0.45
Aip13	15,01	3	±4.425	5.834	0.5206	0*
SAF3	8,78	1	±2.415	3.515	0.1712	015
SQF15	21,02	3	±10.985	-0.469	-0.1040	0.47
SAF19	18,86	1	±10.295	0.789	0.1638	0.24
SAF≥10 ⁵⁵	10,29	3	±4.455	-2.407	-0.2160	0.27
SQF≥10 ⁵⁶	11,66	1	±5.825	0.430	0.0500	0.38
SQF≥10 ^{56a}	13,48	1	±5.825	0.430	0.7496	0.01
SAF≥10 ⁶⁰	11,89	3	±6.055	-1.564	-0.1910	0.42
SAF≥10 ³⁹	17,24	3	±11.405	-5.834	-1.3410	0.11
SQF≥10 ^{35a}	11,78	3	±5.945	-5.834	0.6990	0.35
SQF≥10 ³⁵	21,46	1	±15.625	3.087	0.9720	0.01
0-20cm						
FN	31,42	1	±16.44	-10.73	-1.3620	0.05
PE8	25,85	1	±16.80	-3.71	-0.4825	0.34
PE12	29,63	1	±20.62	3.76	0.6002	0.28
Atm	13,66	3	±4.65	1.30	-0.0468	0.22
Ai	12,35	3	±3.34	-0.972	-0.0252	0.26
Aip13	24,56	2	±9.00	-9.00	-0.6267	0
SAF3	13,67	1	±4.66	7.99	0.2878	0.1
SQF15	24,99	3	±15.98	-1.46	-0.1811	0.15
SAF19	26,31	1	±17.30	5.43	0.7264	0.05
SAF≥10 ⁵⁵	16,21	3	±7.20	-2.61	0.1457	0.18
SQF≥10 ^{56a}	22,94	1	±13.93	10.21	1.0998	0.02
SQF≥10 ⁵⁶	19,11	1	±10.10	4.22	0.3299	0.20
SAF≥10 ⁶⁰	18,46	3	±9.45	2.50	0.1828	0.41
SAF≥10 ³⁹	26,43	3	±17.42	9.00	-1.1212	0.16
SQF≥10 ^{35a}	20,55	1	±11.54	2.46	0.2195	0.29
SQF≥10 ³⁵	30,16	1	±21.15	5.66	1.5789	0.01

Obs.: floresta nativa (FN), pecuária (PE), agricultura mecanizada (Atm), agricultura itinerante (Ai), agricultura itinerante com treze anos de pousio (Aip13) e sistema agroflorestal (SAFs) com 3, 10, 15 e 19 anos de adoção. Desvio padrão vetorial (Z), valor da mediana vetorial (Wz). Índice de correlação espacial local - (*Li* ou *ICE*). $ICE \text{ nulo} = 0$, $\text{ínfima} = 0 < ICE \leq 0,089$; $\text{fraca} = 0,089 < ICE \leq 0,174$; $\text{moderada} = 0,174 < ICE \leq 0,545$, $\text{forte} = 0,545 < ICE \leq 0,745$ e $\text{perfeita} = 0,745 < ICE \leq 1,00$. *ICE* ou *Li* significativo (*Sig*) $p < 0,05$, *ICE* não significativa $p > 0,05$.

Esta constatação nos leva a refletir que, além das características pedogenéticas e bioclimáticas, outras variáveis podem estar influenciando localmente, na variabilidade espacial do carbono orgânico do solo na área de estudo.

Os mapas de *clusters* (Figura 4) gerados a partir do *I Moran Local (Li)*, interpolador quântico e algoritmo de probabilidade espacial do terraview, permitiu identificar na área de estudo a formação de duas áreas com características específicas, quanto a distribuição e a variabilidade espacial dos valores de EC orgânico do solo, registrados de 0-10cm de profundidade. A primeira área (A1) formou-se por *clusters* com *ICE* perfeito de EC, ocorrendo na área (parcela) do SAF≥10⁵⁶. Esta encontra-se circundada por áreas

(parcelas) como ICE variando de moderado a perfeito para a variável EC, concentrando-se sob os polígonos dos SAF $\geq 10^{55}$ e SAF $\geq 10^{60}$, mas com nível de significância maior que 5%. Nas extremidades da área 1 observou-se valores de EC do solo abaixo da média, ocorrendo nas parcelas sob agricultura mecanizada (Atm) e no SAF com três anos de implantação (Figura 4/A). A segunda área (A2) é formação de *Clusters* com ICE perfeito para os valores de EC, incidindo sob o SQF $\geq 10^{35}$, porém este encontra-se circundado por ICE de EC do solo variando de moderada (PE8 e PE12) a ínfima correlação espacial, em solos amostrados nas parcelas sob agricultura itinerante (Ai). Integram este agrupamento (*Clusters*) os SAF19, SQF15, SAF $\geq 10^{39}$ e SQF $\geq 10^{35a}$, cujo ICE de EC do solo variaram de perfeito o fraco (Figura 4/A), todos com nível de confiança maior que 5%.

A fraca correlação espacial associada aos valores de EC do solo observados nas parcelas sob pastagens (PE8 e PE12) e agricultura (Ai, Aip13 e Atm) reforçam a tese que, a conversão da floresta nativa (FN) para implantação de pastagens, destinadas a criação extensiva de gado de corte, e lavoura de subsistência representam fontes líquidas de dióxido de carbono para atmosférico. Por outro lado, os ICE de EC do solo calculados para as florestas nativas e sistemas agroflorestais, com dez anos ou mais de implantação, existentes no assentamento rural Umari – AM indicam que estes sistemas apresentam um elevado potencial como sumidouros de carbono. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al., (2009) e colaboradores, ao registrarem maiores índices de manejo do carbono (IMC) sob sistemas agroflorestais quando comparado com sistemas agrícolas convencionais. Do mesmo modo, Cogo et al., (2012) observaram valores de estoque de carbono significativamente maior em cafeeiro agroflorestal consorciado com bananeiras e eucaliptos que em plantio de café convencional.

A interpolação dos coeficientes de correlação espacial dos estoques de carbono do solo referentes ao período de estiagem, obtidos nas camadas de 0 – 10 e 10 – 20cm de profundidade apresentaram padrão distribuição espacial de EC semelhantes aos observados no período chuvoso (Figura 4 / B). Entretanto, o carbono orgânico total acumulado de 0 – 20cm profundidade exibiu variabilidade espacial distinta, com quatro sistemas de uso da terra (áreas ou polígonos) apresentando correlação espacial variando de perfeita a moderada. Na área 1 (A1), o índice de correlação espacial (ICE) foi moderado indireto para o EC do solo observado nas parcelas sob o SAF $\geq 10^{60}$ ($Li = -0,1981$ e $Sig = 0,32$) e, moderado direto no SQF $\geq 10^{56a}$, ($Li = 0.5799$ e $Sig = 0.04$).

Nas áreas 2 e 3 (A2 e A3) um fato singular chamou atenção. Três áreas ou polígonos de diferentes usos apresentaram ICE perfeito negativo indireto (FN - $Li = -1, 5025$, Aip13 - $Li = -1,1969$ e SAF39 - $Li = -1.1381$) para a variável EC do solo, porém, com nível de significância = 0 (nulo). Fenômeno que indica um forte grau de independência espacial entre os valores de EC do solo observados nestes sistemas de uso da terra. Nesta mesma área (A2) de análise, o SAF19 apresentou ICE moderado para o EC do solo, mais circundado por sistemas agrícolas com baixo estoque de carbono (Figura 4 / E). Segundo Cambardella et al., (1994); Cruz, et al., (2010), elevado índice ou grau de dependência espacial de atributos do solo indica maior influência das propriedades inerentes aos processos pedogenéticos de formação do solo, tal como: material parental, clima, relevo, processos físico-químicos, biológicos e tempo, e índice ou grau de dependência espacial variando de moderada a fraca pode ser atribuído a fatores externos a gênese do solo, como o manejo do solo, mudança no uso da terra, calagem, adubação, tráfego de máquinas agrícolas, dentre outros.

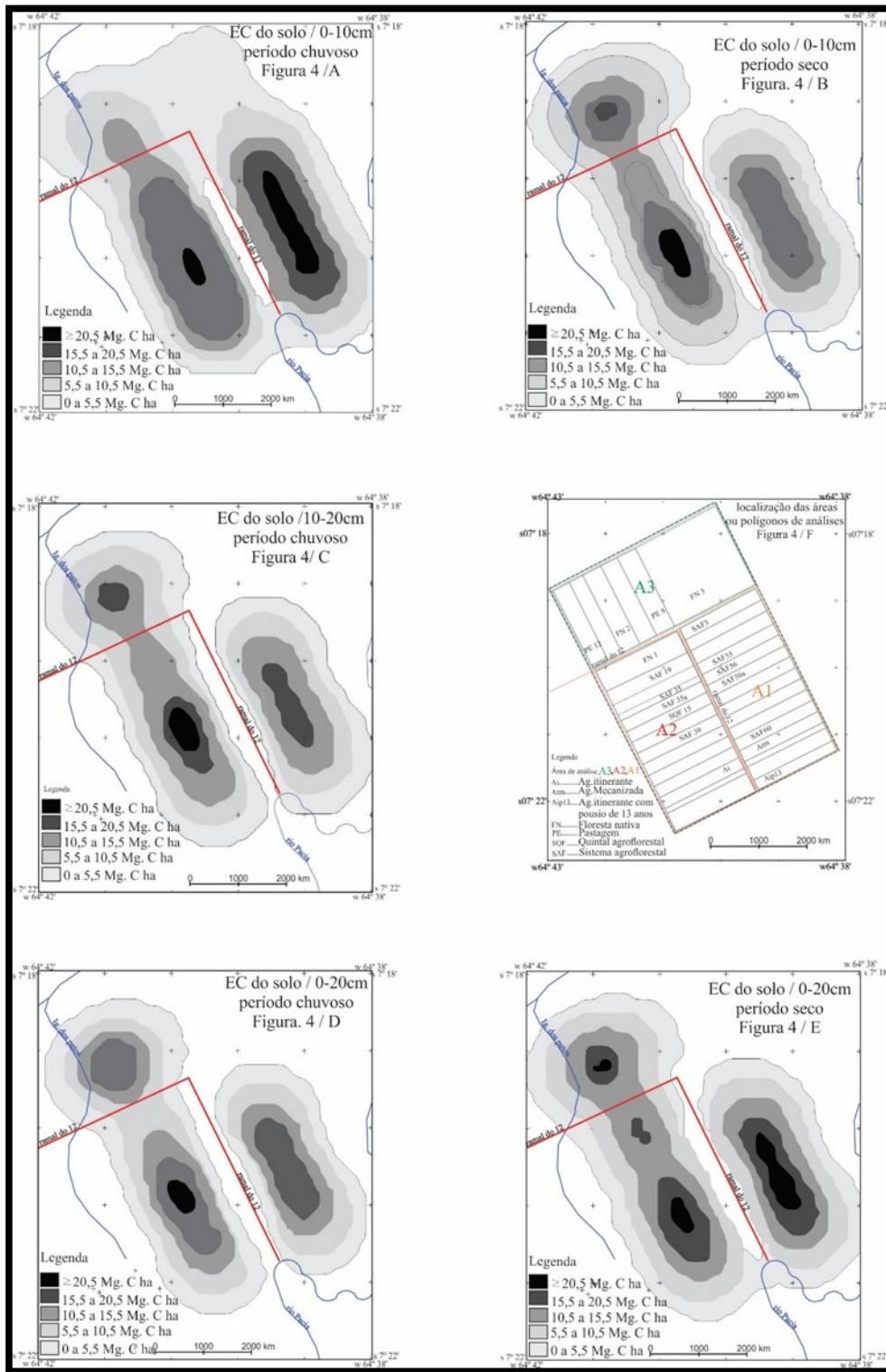


Figura 4 - Variabilidade espacial dos estoques de carbono orgânico total em solos sob diferentes usos da terra no assentamento PA- Umari- AM.

Considerando os altos índices de dependência espacial (ICE ou Li) para variável EC do solo, observados nas áreas ou polígonos de sistemas agroflorestais do PA – Umari pode-se inferir que dentre os atributos físicos e químicos do solo, os teores de argila, a densidade aparente (DAS), a capacidade de troca catiônica (CTC), a soma e a saturação por base (S e V%), e as concentrações de potássio [K] e fósforo [P], exercem de forma direta certa influência na variabilidade espacial do carbono orgânico total estocados nos SAF's estudados e na floresta de referência. Os parâmetros geoestatísticos que afirmam a influência desses atributos sobre o EC do solo são apresentados na tabela 4

Tabela 4 – Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo na camada de 0 – 10cm de profundidade do solo sob diferentes sistemas de uso e cobertura da terra no PA – Umari-AM.

Sistemas	Atributos do solo e parâmetros geoestatísticos											
	DAS		Argila		CTC		K		P		SB	
	Li	Sig	Li	Sig	Li	Sig	Li	Sig	Li	Sig	Li	Sig
FN	1,082	0,1 8	0,997	0,06	0,179	0,4	0,186	0,0 1	0,042	0,2 8	0,395	0,02
Pe8	0,079	0,3 5	0,001	0,053	0,082	0,5 2	0,434	0,3 5	0,039	0,3 2	-0,734	0,44
Pe12	0,101	0,2 7	0,018	0,39	0,176	0,4 1	-0,341	0,3 2	-0,283	0,4 5	-0,827	0,39
Atm	0,061	0,4 3	0,047	0,35	0,081	0,5	0,063	0,3 7	0,002	0,3 9	0,033	0,53
Ai	0,049	0,4 2	0,011	0,49	0,081	0,5	0,063	0,3 7	0,007	0,4 2	0,241	0,26
Aip13	-1,155	0	-1,015	0	0,996	0	-0,624	0	-0,670	0,2 8	-1,644	0
SAF3	0,466	0,2	0,433	0,34	0,360	0,2 5	-0,327	0,5	-0,081	0,4 3	-0,132	0,6
SQF15	-0,380	0,4 2	-0,238	0,37	-0,470	0,4	-0,568	0,3 4	-0,020	0,5 4	-0,114	0,37
SAF19	0,352	0,0 3	0,547	0,11	0,454	0,2 5	0,491	0,2 3	0,667	0,0 9	0,045	0,36
SAF $\geq 10^{55}$	-0,425	0,3 5	-0,548	0,15	0,345	0,2 8	-0,540	0,11	-0,468	0,2 1	-0,148	0,09
SQF $\geq 10^{56}$	0,145	0,2 4	0,248	0,16	0,173	0,2 1	0,216	0,1 9	0,242	0,1 5	-0,055	0,52
SQF $\geq 10^{56a}$	0,949	0,0 1	1,099	0	0,778	0,0 4	1,008	0,0 3	1,406	0,0 2	0,228	0,19
SAF $\geq 10^{60}$	0,028	0,4 9	0,060	0,49	0,044	0,6	0,188	0,4 8	-0,380	0,3 5	-0,214	0,31
SAF $\geq 10^{39}$	-0,975	0,0 6	-1,076	0,11	-1,309	0	-0,861	0	-1,276	0	-0,229	0,11
SQF $\geq 10^{35}$	0,926	0,0 2	0,996	0,04	1,105	0	1,118	0,0 3	2,200	0,0 2	0,198	0,2
SQF $\geq 10^{35a}$	0,227	0,2 6	0,249	0,29	0,090	0,3 1	0,250	0,2	0,473	0,3	0,038	0,62

Obs.: floresta nativa (FN), pastagem (PE), agricultura mecanizada (Atm), agricultura itinerante (Ai), agricultura itinerante com treze anos de pousio (Aip13) e sistema agroflorestal (SAF's) com 3, 10, 15, 18 e 19 anos de adoção. Índice de correlação espacial local - (Li ou ICE). ICE nulo = 0, ínfima = $0 < ICE \leq 0,089$; fraca = $0,089 < ICE \leq 0,174$; moderada $0,174 < ICE \leq 0,545$, forte = $0,545 < ICE \leq 0,745$ e perfeita $0,745 < ICE \leq 1,00$. ICE ou Li significativo (Sig) $p < 0,05$, ICE não significativa $p > 0,05$. Densidade aparente (DAS), capacidade de troca catiônica (CTC), potássio (K), fósforo (P), Saturação por base (SB=V%).

As concentrações de P, K, a CTC, DAS, os conteúdos de silte ($Li = 0,291\text{-sig} = 0,05$) e argila apresentaram perfeita correlação espacial, ou seja, alto grau dependência espacial para os solos amostrados na área do $SQF \geq 10^{56a}$ e $SAF \geq 10^{35}$, em todas as profundidades analisadas. Já a saturação por base (V%), a soma de base e o conteúdo de areia apresentaram índice de correlação espacial moderado em todas as profundidades. Inversamente proporcional foram os índices de correlação espacial apresentados para os solos amostrados nas áreas de pastagem (PE8 e PE12), agricultura (Ai e Atm) e sistema agroflorestal com três anos de adoção (SAF3). Segundo Silva Neto et al., (2012), alto grau de dependência espacial pode indicar melhor estrutura espacial e maior precisão na representação cartográfica das variáveis estudadas, por meio de técnicas geoestatísticas. Ainda, podemos inferir que os ICE e a significância demonstram que a variabilidade espacial do EC não ocorre aleatoriamente no espaço estudado, mais segue um padrão espacial característico; acumula-se em sistemas com alta produtividade de resíduos orgânicos em diferentes estágios de decomposição.

Estes resultados confirmam a hipótese que, os SAF's a partir de dez anos ou mais de implantação, promovem o aumento do EC do solo, e recuperam a qualidade físico-química dos atributos do solo, outrora perdida pela conversão da floresta por área de agricultura itinerante (corte e queima) e pecuária extensiva. Esta dinâmica, aparentemente é mais rápida nos SQF's e SAF's sul amazônicos, possivelmente devido a diversidade de espécies arbóreas e, principalmente da disposição espacial assimétrica das espécies, adotado pelo caboclo sul amazônico, este difere do espaçamento rigoroso e metódico defendido no meio acadêmico de engenharia florestal, agrônoma entre os ramos das ciências agrárias e exatas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes sistemas de uso e cobertura da terra avaliados influenciam na variabilidade dos atributos físico-químicos e do EC orgânico do solo. A conversão da floresta nativa em área de agricultura itinerante ou corte e queima significou perda acentuada de carbono orgânico do solo e dos teores de P, K e N. Por outro lado, a transformação das áreas agrícolas em sistemas agroflorestais representou a recuperação da matéria orgânica e de atributos químicos nela complexada.

Os SAF's implantados a mais de dez anos, possibilitaram a constituição de uma nova serrapilheira (fina). A formação e manutenção desse compartimento originado pela ausência de revolvimento da biomassa vegetal através do manejo de corte e queima e, ou aração do solo, promoveu a recolonização da microbiota decompositora do solo. Esta por sua vez influenciou no aumento do estoque de carbono orgânico e na qualidade do solo, em especial no $SQF \geq 10^{35}$ e $SQF \geq 10^{56a}$ que apresentaram perfeita dependência espacial e nível de significância que satisfaz a hipótese testada.

6. AGRADECIMENTOS

Às instituições financiadoras deste estudo: Pró-Reitoria de Pesquisa Pós-graduação e Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM e Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas - FAPEAM pela Bolsa de Doutorado através do Programa RH-Interiorização (Processo nº 22462.482.28093.1004/2014), ao Instituto Chico Mendes de conservação da biodiversidade pela autorização nº 44344 e aos grupos de pesquisa, Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pheiffer (UNIR) e Desenvolvimento Regional do Médio Purus (IFAM – Campus Lábrea).

7. REFERÊNCIAS

- ALTIERI, Miguel, **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3 ed. São Paulo: expressão popular, 2012. 400p.
- ALVES, R. P. **Dinâmica de nitrogênio em sistema agroflorestral na região de cerrado (Brasil central)**. Trabalho de conclusão de curso. (Bacharel em Gestão Ambiental) – Universidade de Brasília, Planaltina (DF), 2012.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; MENDONÇA, SILVA, I. R. Impacto da conversão floresta – pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Revista Acta Amazonica**, v. 41, n.1, p. 103-114, 2011.
- ARSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 2, p. 95-115, 1995.
- BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G.; KLAUBERG, F. S.; JAMES, W. S.; DECAENS, T.; BARRETTA, D. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, V. 83, p. 59–70, 2014.
- BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. GERALDES, A. P. A.; FERNANDES, S. A. P. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronossequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas. **Scientia Agrícola**, v. 56, n.4, p.777-778, 1999.
- BIGARANI, F. A.; ZAPPAROLI, I D. Relação mundial renda per capita e emissão de dióxido de carbono. **Revista de Economia & Região Londrina**, v.2, n.1, p.25-47, 2014.
- BONINI, I. **Consequências biogeoquímicas da conversão de floresta em plantio de soja e seringueira na transição Amazônia-cerrado**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos) – Universidade do Estado do Mato Grosso. Alta Floresta: 2014.
- BRANCHER, T. **Estoque de carbono e ciclagem de sistemas agroflorestrais em Tomé-açu, Amazônia oriental**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará. Belém: 2010.
- BRITO, E.S.; FRADE JUNIOR, E.F.F.; COSTA, F. S., SILVA, A. G.; MENEZES, A.L. **Estoque de carbono e nitrogênio em sistemas de uso e manejo de solos do Acre: sudoeste da Amazônia**. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 19, 2012, Lages. **Anais....** Lages, 2012. 1 CD-ROM
- CAMBARDELLA, C.A, MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PAKIN, T.B. KARLEN, D.L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society American*. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.
- CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; CHAPLOT, V.; VOLKOFF, B.; VICTORIA, R. L.; MELILLOC, J. M.; PAUSTIAND, K.; CERRI, C. C. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon pasture: basis for selecting an agronomic experimental area. **Journal Geoderma**, v. 123, p. 51-68, 2004.
- CESAR, R. M.; VEZZANI, F. M.; SCHWIDERKE, S. G.; BROWN, G. G.; SEOANE, C. E. S.; LUIS, C. M. F. Soil biological properties in multistrata successional agroforestry systems and in natural regeneration. **Journal Agroforestry systems**, v. 89, n.6, p. 1035-1047, 2015.
- CHIG, L. A.; COUTO, E. G.; NOVAES FILHO, J. P.; RODRIGUES, L. C.; JOHSON, M. S.; WEBER, L. S. Distribuição espacial da granulometria, cor e carbono orgânico do solo ao longo de um transecto em microbacias na Amazônia meridional. **Revista Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 715-722, 2008.
- COGO, F. D.; NANNETTI, D. C.; CARMO, D. L.; LARCEDA, T. M.; NANNTTI, A. N. Carbono orgânico de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiros em sistemas de manejo agroflorestral e convencional. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4, n. 2, p. 1-9, 2012.
- CRUZ, J. S.; JUNIOR, A. N.; MATIAS, S. S. R.; TAMAYO, J. H. C.; TAVARES, R. C. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista de Ciência agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 271-278, 2010.
- DANTAS, M.E.; ARMESTO, R.C.G. Origem da paisagem. In: SILVA, C.R. (ed.) **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 34-56.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos 1).
- FEARNSIDE, P. M. A previsão de perdas de terra através da erosão do solo sob vários usos de terra na área de colonização da rodovia Transamazônica. **Revista Acta Amazonica**, v.10, n. 3, p. 505-511, 1980.
- FEARNSIDE, P. M. **Estoque e estabilidade do carbono nos solos da Amazônia Brasileira**. Disponível em: http://www.biochar.org/joomla/images/stories/Cap_20_Philip.pdf. Acesso em 29 de jan. 2016.
- FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M. **Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo**. Corumbá: 2008. p. 4. (EMBRAPA-CNPS. Comunicado técnico, 69). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT69>. Acesso em: 6 fev. 2013.

- FILHO, N. J. P.; SILVA, E. C.; COUTO, E. G.; LEHMANNE, J.; JOHNSON, M. S.; RIHA, S. J.; Distribuição espacial de carbono em solo sob floresta primária na Amazônia meridional. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 83-92, 2007.
- FOSTER, D.; SWANSON, F.; ABER, J.; BURKE, I.; BROKAW, N.; TILMAN, D.; KNAPP, A. The Importance of Land-Use Legacies to Ecology and Conservation. **BioScience**, v. 53, n. 1, p. 77-88, 2003.
- IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. A.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n.7, p. 731-738.
- JUNQUEIRA, A. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; CANUTO, J. C.; NOBRE, H. G.; SOUZA, T. J. M. Sistemas agroflorestais e mudança na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 1, p. 102-115, 2013.
- KATO, O. R.; KATO, M. S. A.; CARVALHO, C. J. R.; FIGUEIREDO, R. O.; CAMARÃO, A.; SÁ, T. D. A.; DENICH, M. VIELHAUER, K. Uso de agroflorestas no manejo de florestas secundárias. In: Congresso Brasileiro de sistemas agroflorestais. 6., 2006, campo dos Goytacazes. **Anais...** Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. P. 119-138.
- LEAL, P. F. Colonização agrícola dirigida e construção de parcelheiros tutelados, **Revista Antropolítica**, n. 23, p.155-182, 2009.
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. O. A.; GALVÃO, Estoques totais de carbono orgânico e sus compartimentos em Argissolos sob floresta e sob milho cultivado em Aducação mineral e orgânica. **Revista Brasileiro de Ciências do solo**, v. 27, p. 821-832, 2003.
- LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; DANIELA, B. C. OLIVEIRA, F. C. O. Atributos químicos e estoque de carbono e nitrogênio em Argissolos vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.35, n.1. p. 51-60, 2011.
- LINHARES, J. M. S.; BASTOS, W. R.; SILVA, D. P. L.; BALBIMOT, E.; SILVA, J. O.; MAIA, P. V. A. levantamento de solo em diferentes ambientes geomorfológicos e sistemas de uso da terra na microbacia hidrográfica do rio Paciaá – sul do Amazonas. **Revista Caminhos de geografia**, v. 15, n. 52, p. 21-40, 2014.
- LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Revista Ciência Cultura**, v.59, n. 3, p. 31-36, 2007
- MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. Tese (Doutorado em solo e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa. 2002, 83p.
- MARQUES, J. D. O.; LUIZÃO, F. J.; TEIXEIRA, W. G.; Araújo, E. M. Carbono orgânico em solos sob floresta na Amazônia central. In: Congresso Norte Nordeste de pesquisa e Inovação, 7., 2013 Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1002068/1/CONNNEPI1.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2016.
- MCGRATH, D. A.; DURYEA, M. L.; CROPPER, W. P. Soil Phosphorus availability 6 years following forest conversion. **Agriculture Ecosystems and environment**, n. 83, p. 271-284. 2001.
- MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FONTES, E.F.F.; CHAGAS, A.C.; JUNIOR, J.B.L.; ANDRADE, R.P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira da Ciência do solo**, v. 38, p. 1039-1050, 2006.
- MENDONÇA-SANTOS, M.L; SANTOS, H.G; COELHO, M. R. et al. **Solos ocupação das Terras na Amazônia Brasileira**. In: MOREIRA, F.M.S.; BRUSSAARD, J.O.S. ed. Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Lavras: UFLA, 2008. p. 66-116.
- MENDOZA, H.N.S.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, L.A.; CEDDIA, M.B. & ANTUNES, M.V.M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.:201-207, 2000.
- MENEZES, J. M. T.; LEEUWEN, J.; VALERI, S. V. CRUZ, M. M. P; LEANDRO, C. R.; Comparação entre solos sob uso agroflorestais e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 32, p. 893-898, 2008
- MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. **Geoderma**, v.70, p.63-81, 1996.
- MOREIRA, F.M.S.; HUISING, E. J.; & DAVID, E. B. Manual de biologia dos solos tropicais. Lavras: Ufla, 2010. 368p.
- MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 250 p.
- NEU, V. **Influência da Cobertura Vegetal na ciclagem de nutrientes via solução do solo na região de Manaus – AM**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- NEVES JUNIOR, A.F.; SILVA, A.P.S.; NORONHA, N.C. & CERRI, C.C. Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 37, p.232-244, 2013.
- OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M. C.C.; FREITAS, L.; SOARES, M. D.R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Revista Acta Amazonica**, v. 45, n.1, p. 1-12, 2015.
- OLIVEIRA, T. S.; NOGUEIRA, R. S.; TEIXEIRA, A. S.; CAMPANHA, M. M.; ROMERO, R. E. Distribuição espacial do índice

- de manejo do carbono em Luvisolos sob sistemas agrícolas tradicionais e Agroflorestais no município de Sobral – CE. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 589-592, 2009.
- PALUDO, R.; COSTABEBER, J. A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p.63-76, 2012.
- PENEIREIRO, F. M. P. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Ciências). – Universidade de São Paulo: Piracicaba, 1999.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoque de Carbono e Nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e Manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, p. 1609-1623, 2007.
- ROCHA, G. P.; FERNANDES, L. A. CABASINHA, C. D.; LOPES, I. D. P. L.; ROBEIRO, J. M.; FRAZÃO, L. A.; SAMPAIO, R. A. Característica e estoque de carbono de sistemas agroflorestais no cerrado de Minas Gerais. **Caderno Rural de Santa Maria**, v. 44, n. 7, p. 1197-1203, 2014.
- RODRIGUEZ, C. A. S. **Serviços ambientais em sistemas agroflorestais**. In: CIRO, A. R.; BERNARDES, M. S. Caderno da disciplina de sistemas agroflorestais. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015, 79p.
- ROGERSON, P. A.; **Métodos estatísticos para geografia**. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2012, 348p.
- SALIMON, C.L.; WADT, P.G.S.; MELO, A.W.F. Dinâmica do C na conversão de floresta para pastagens em Argissolos da formação geológica Solimões, no sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, p.29-38, 2007.
- SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S.S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CASTELLALI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. **Revista Acta amazônica**, v. 43, n. 4, p. 395-406, 2013.
- SANTOS, R. M.; MIRANDA, I. S. TOURINHO, M. M. Análise florística e estrutural de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Revista Acta Amazonica**, v. 34, n. 2, p. 251-263, 2004.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: EMBRAPA, 2005. 92 p.
- SCHAEFER, C. E. R.; LIMA, H. N.; VALE JUNIOR, J. F.; MELLO, J. W. V. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. **Boletim do Museu Paraense Emílio Guedi**, n. 12, p. 333-363, 2000.
- SILVA JUNIOR, M. L.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; MELO, V. S.; MARTINS P. F. S.; SANTOS, E. R.; CARVALHO, C. J. R. Carbon content in amazonian oxisols after forest conversion to pasture. **Revista Brasileira Ciência de Solo**, v. 33, p.1603-1611, 2009.
- SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C. LEITE, R. L. L.; DIM, V. P. NEVES NETO, D. N.; DA CRUZ, R. S. Dependência espacial em levantamentos do estoque de carbono em áreas de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Acta Amazonica**, v. 42, n. 4, p. 547-556, 2012.
- SILVA, A. C. S.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, E. P. V.; VEIGA, J. B.; CLAUDINO, W. V. Propriedades químicas do solo em sistemas florestais na região norte de Mato Grosso. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, n. 4, p.1-10, 2014
- SILVA, A. E.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Revista Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p.733-742, 2008.
- SILVA, G. E.; SILVA JUNIOR, M. L.; MELO, V. S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo do Estado do Pará. **Revista Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p.151-158, 2006.
- SILVA, G.E.; SILVA JUNIOR, M.L.; MELO, V.S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo do Estado do Pará. **Revista Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p.151-158, 2006.
- SILVA, J. O.; LINHARES, J. M. S.; MAIA, P. V. A.; BALBINOT, E.; BASTOS, W. R. B.; SILVA, D. P. L. Mapeamento preliminar dos solos da microbacia hidrográfica do rio Paciaá no meio rural do município de Lábrea - Sudoeste Amazônico. In: Congresso Brasileiro de Ciências do solo,34, 2013, Florianópolis. **Anais eletrônicos...**Florianópolis: SBCS, 2013. Disponível em: <http://cbcs2013.hospedagemdesites.ws/anais/arquivos/1242.pdf>. Acesso em: 06 abr.2016.
- SILVA, M. S. C.; SILVA, ELIANE, M. R.; PEREIRA, G. M. SILVA, C. F. Estoque de Serapilheira, e Atividade Microbiana em solo sob sistemas agroflorestais. **Revista Floresta e Ambiente**, V. 20, n. 4, p. 431-441, 2012.
- SILVA, S. M. **Quantificação de carbono de um sistema agroflorestal em área de cerrado no Brasil central**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Gestão Ambiental) – Universidade de Brasília, Planaltina (DF), 2013.
- SMITH, N. J. H.; FIK, T. J. Agroforestry developments and potential in the Brazilian Amazon. **Journal Land degradation & Rehabilitation**, v. 6, p. 251-263, 1995.
- TORQUIST, C. G.; HONS, F. M.; FEAGLEY, S. E.; HAGGAR, J. Agroforestry system effects on soil characteristics of the Sarapiquí region of Costa Rica. **Agriculture Ecosystems and environment**, n. 73, p. 19-28, 1999.
- TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; NETO, S. N. O.; BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. **Revista pesquisa floresta brasileira**, v. 34, n. 79, p. 235-244, 2014.
- VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; PAULA, A. M.; ANDRADE, J. B.; CARDOSO, E. J. B. N. Nitrogênio, carbono e compactação do solo como fatores limitantes do processo de recuperação de matas ciliares, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,



v. 37, p. 1164-1173, 2013.

FURLAN, S. A. **Técnicas de Biogeografia**. In: VENTURI, L. A. *Praticando Geografia Técnicas de campo e laboratório*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 99-130p.