IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS **CIÊNCIAS AGRÁRIAS** COINTER - PDVAgro 2019

**AValiação DOS Atributos Físicos E Estoque DE Carbono DO
SOLO SOB Diferentes Sistemas DE Produção NO Assentamento
JOÃO BATISTA, CASTANHAL- PA.**

**EVALUATION OF PHYSICAL ATTRIBUTES AND SOIL CARBON STOCK UNDER
DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS IN JOÃO BATISTA, CASTANHAL-PA.**

**EVALUACIÓN DE Atributos Físicos Y ACUMULACIÓN DE CARBONO DEL
SUELO BAJO Diferentes Sistemas DE PRODUCCIÓN EN EL JOÍO
BATISTA, CASTANHAL PARÁ.**

Apresentação: Comunicação Oral

Roseane de Nazaré Pereira Teixeira¹, Fatima Mariana da Silva Barros², Augusto
Nazaré Cravo da Costa Junior³, Walter Santos Oliveira⁴, João Tavares Nascimento⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0036>

Resumo

A qualidade do solo das áreas cultivadas é altamente dependente das práticas de manejos que visem a manutenção do nível do Carbono orgânico e incrementos no seu estoque. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar comparativamente os atributos físicos, estoque de carbono e o Carbono da Biomassa Microbiana dos solos de dois agroecossistemas (mandioca e agrofloresta) e um ecossistema (floresta secundária), no assentamento João Batista, município de Castanhal-Pará. Na avaliação da qualidade dos solos dos tratamentos, determinaram-se os atributos Granulometria, Densidade Global (DGS), Porosidade Total (PT), Umidade Atual

¹ Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará- castanhal, r.e.a.nazare.sph@gmail.com

² Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará- castanhal, maryannasilbar@gmail.com

³ Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará- castanhal, augustoifpa@gmail.com

⁴ Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará- castanhal, walterss@hotmail.com.br

⁵ Professor doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará- castanhal, jtnascimenton@hotmail.com

(UA), Carbono Orgânico Total (COT), Estoque de Carbono do Solo (ECS), Carbono da Biomassa Microbiana (C-BM) e o Quociente Microbiano do Solo ($qMIC$), cujas análises foram realizadas no Laboratório de Solos do IFPA-Campus Castanhal. As amostras de solos das áreas de estudo foram coletadas nas parcelas à profundidade de 0,00-10 cm, utilizando-se cilindros, no período menos chuvoso do ano na região. O experimento foi conduzido no Delineamento em Blocos Casualizado, com três tratamentos (mandioca, agrofloresta, e floresta secundária), em três repetições. Nos resultados dos atributos DGS, PT, UA, COT e ECS, em função dos tratamentos, se constatou efeitos significativos dos manejos empregados, enquanto para os de C-BM e $qMIC$, efeitos não significativos. De maneira geral, percebeu-se nos resultados demonstrados nesta pesquisa que, os manejos empregados nos agroecossistemas Mandioca e SAF, como o uso de cultivos intensivos somados às práticas não conservacionistas, contribuíram, em parte, para a baixas qualidades física, química e biológica dos solos das áreas dos tratamentos estudados, destacando-se dentre eles o da Floresta Nativa, pois, na maioria dos atributos físicos e biológicos, apresentou melhores resultados, embora ainda considerada com níveis baixos de qualidades física, química e biológica, o que vem repercutindo na sua lenta regeneração.

Palavras-Chave: Propriedades físicas, Propriedades biológicas, manejos sustentáveis, Cultivos de mandioca.

Resumen

La calidad del suelo de las áreas cultivadas depende en gran medida de las prácticas de gestión destinadas a mantener el nivel de carbono orgánico y aumentar su stock. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar comparativamente los atributos físicos, el stock de carbono y el carbono de biomasa microbiana de los suelos de dos agroecossistemas (yuca y agroforestería) y un ecosistema (bosque secundario), en el asentamiento de João Batista, municipio de Castanhal-Pará. En la evaluación de la calidad del suelo de los tratamientos, se determinaron los atributos Granulometría, Densidad global (DGS), Porosidad total (PT), Humedad actual (UA), Carbono orgánico total (COT), Stock de carbono del suelo (ECS). Carbono de biomasa microbiana (C-BM) y cociente de suelo microbiano ($qMIC$), cuyos análisis se realizaron en el Laboratorio de suelo Castanhal de IFPA-Campus. Las muestras de suelo de las áreas de estudio se recolectaron en parcelas a una profundidad de 0.00-10 cm,

usando cilindros, en el período menos lluvioso del año en la región. El experimento se realizó en un diseño de bloques al azar con tres tratamientos (yuca, agroforestería y bosque secundario) en tres repeticiones. En los resultados de los atributos DGS, PT, UA, COT y ECS, dependiendo de los tratamientos, se encontraron efectos significativos de los tratamientos, mientras que para C-BMS y qMIC, efectos no significativos. En general, se notó en los resultados demostrados en esta investigación que los manejos utilizados en los agroecosistemas de mandioca y SAF, como el uso de cultivos intensivos agregados a las prácticas no conservacionistas, contribuyeron, en parte, a las bajas cualidades físicas, químicas y biológicas de suelos de las áreas de tratamiento estudiadas, especialmente el bosque nativo, porque, en la mayoría de los atributos físicos y biológicos, presentó mejores resultados, aunque todavía se considera con bajos niveles de cualidades físicas, químicas y biológicas, lo que se ha reflejado en el Su lenta regeneración.

Palabras clave: Propiedades físicas, Propiedades biológicas, Manejo sostenible, Cultivos de yuca.

Abstract

The soil quality of cultivated areas is highly dependent on management practices aimed at maintaining the level of organic carbon and increasing its stock. Palabras clave: Atributos físicos, stock de carbono, agricultura familiar, yuca, SAF's. Thus, the objective of this work was to comparatively evaluate the physical attributes, carbon stock and Microbial Biomass Carbon of the soils of two agroecosystems (cassava and agroforestry) and an ecosystem (secondary forest), in the João Batista settlement, Castanhal-Pará municipality. In the evaluation of the soil quality of the treatments, the attributes Granulometry, Global Density (DGS), Total Porosity (PT), Current Humidity (UA), Total Organic Carbon (COT), Soil Carbon Stock (ECS), Microbial Biomass Carbon (C-BM) and Microbial Soil Quotient (qMIC), whose analyzes were performed at the IFPA-Campus Castanhal Soil Laboratory. . Soil samples from the study areas were collected in plots at a depth of 0.00-10 cm, using cylinders, in the less rainy period of the year in the region. The experiment was conducted in a randomized block design with three treatments (cassava, agroforestry and secondary forest) in three replications. In the results of the attributes DGS, PT, UA, COT and ECS, depending on the treatments, significant effects of the managements were found, while for C-BMS and qMIC, non-significant effects. In general, it was noticed in the results demonstrated in this

research that the managements used in the Cassava and SAF agroecosystems, as the use of intensive crops added to the non conservationist practices, contributed, in part, to the low physical, chemical and biological qualities of the soils of the studied treatment areas, especially the Native Forest, because, in most physical and biological attributes, it presented better results, although still considered with low levels of physical, chemical and biological qualities, which has been reflected in the its slow regeneration.

Keywords: Physical properties, Biological properties, Sustainable management, Cassava crops.

Introdução

O desmatamento das florestas na Amazônia brasileira para cultivos na agricultura sob sistemas de manejos intensivos são práticas inadequadas e considerada como um dos principais fatores responsável pela aceleração da degradação ambiental, o que proporciona alterações profundas nos ecossistemas, afetando indivíduos, processos e funções ecossistêmicas vitais. Sobre tais efeitos, Costa (2015) relata que a permanência de um ecossistema diverso proporciona ao meio uma redução dos efeitos climáticos, devido a sua capacidade de absorver e fixar o carbono liberado no ambiente.

Nesse contexto, Freitas et al. (2018) reforçam que, com o forte aumento da prática da substituição de áreas de mata nativa por cultivos sob diferentes manejos para satisfazer as necessidades da humanidade, trás como consequencia o aceleramento dos processos de degradação ambiental, principalmente por promover fortemente a redução imediata do seu teor de matéria orgânica e dos nutrientes essenciais, dificultando sua regeneração natural.

Dessa forma, isto contribui para o efeito negativo no ambiente amazônico que, por se tratar de grandes áreas recém desflorestadas, se utilizam no estabelecimento dos cultivos na sua grande maioria, do preparo mecanizado do solo em sistemas intensivos, o que resulta no agravamento dos processos erosivos dessas áreas. Esse efeito é corroborado por Soares (2016) quando reporta que práticas como as de revolvimentos excessivos dos solos, por ser um método não conservacionista, merece importância, pois altera fortemente a estrutura do solo, aumentando a sua densidade e, conseqüentemente, compactando-o, pela diminuição expressiva da porosidade.

Ainda sobre o uso intensivo do solo como prática inadequada na agricultura amazônica, Baldotto (2015) acrescenta que tal prática, promove, inicialmente, a alteração na

microflora, e consequente redução no estoque de Carbono, pela alteração promovida no ciclo da matéria orgânica do solo, o que compromete sua qualidade.

Portanto, visando o monitoramento da qualidade dos solos das áreas cultivadas, se faz necessário avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos dos solos nas diversas situações de manejos, com o intuito de se conhecer os fatores que sofrem mudanças a curto e médio prazo. Entretanto para Carneiro et al. (2009), a avaliação dos atributos físicos do solo é bastante complexa, sendo importante analisar um conjunto de atributos e suas inter-relações, e não de forma isolados, devido apresentar um baixo potencial na eficiência de seus resultados, nas áreas estudadas.

Nesse aspecto, no local onde esta pesquisa foi desenvolvida, no Assentamento João Batista, Castanhal, situado na região Nordeste Paraense, se constatou, que, desde a implantação e estabelecimento dos lotes agrícolas, na sua maioria vem ocorrendo o uso de práticas inadequadas, como os desflorestamentos exacerbados das áreas e implantações imediatas de cultivos com uso da queima completa da vegetação, ou, preparos mecanizados com uso intensivos de máquinas e implementos agrícolas, sem a observação do uso de práticas de manejos conservacionistas, o que vem ocasionando nos solos sua degradação física, química e biológica de forma acelerada, levando à baixas produtividades das culturas, e isto vem provocando problemas para permanências dos agricultores nos seus ambientes agrícolas, forçando a abandonos dos seus lotes agrícolas, ou, redirecionando-os para outras atividades familiar.

Assim sendo, buscando iniciar um estudo de diagnósticos para monitoramento dessas áreas quanto às suas qualidades físicas e biológicas, é que se propôs realizar esta pesquisa num lote agrícola com características peculiares da região, onde foi possível se constatar realidades de manejos diferentes sob diversos cultivos e áreas ainda conservadas.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os atributos físicos e o Carbono orgânico total e o da biomassa microbiana, assim como o estoque de carbono, dos solos de dois agroecossistemas (mandioca e agrofloresta), comparativamente a um ecossistema (floresta secundária), conduzidos no assentamento João Batista, município de Castanhal, Nordeste do Pará.

Fundamentação Teórica

O solo, "meio natural onde a maioria dos seres vivos se desenvolvem, origina-se do desgaste das rochas, sendo formado por camadas" SECTAM (2006), chamadas horizontes, com características distintas que variam de acordo com fatores químicos, físico e biológicos, atuantes. Estes horizontes alteram-se na superfície, conforme o seus estados erosivos.

Na atividade agrícola utiliza-se uma pequena porção do solo na camada mais superficial, a chamada camada arável (ALCANTARA, 2008), que estabelece relação mais forte com o meio ambiente e com os intempéries recorrentes das atividades agrícolas (positivos ou negativos).

Desta forma, nos sistemas de manejo convencional, o solo é observado unicamente como um suporte físico para os vegetais, sendo esta visão simplificada disseminada em todos os continentes, a qual se baseia no emprego de insumos químicos industriais para nutrição das plantas (PRIMAVESI, 2008). O problema disso é que este tipo de visão pode acabar matando a vida do solo, pois o processo de desmatamento e seu uso excessivo com atividades intensivas, acentuam-se, à medida em que se promove a elevação da produtividade, a partir de insumos.

Um exemplo disso é a constatação que, nas últimas cinco décadas como afirma Sales (2018), a Amazônia Legal sofreu intensa exploração, fato que proporcionou alto nível de desmatamento, além de que o estado do Pará, nesse contexto, foi um dos principais responsáveis pelo desflorestamento da região Norte do País, motivado pela alta produção de grãos, madeira, carne bovina e extração de minério.

Em contrapartida ao alto grau de deterioração dos solos amazônicos, Sales (2018) também afirma que recentemente, percebeu-se um crescimento de pesquisas que visam diagnosticar e elevar a qualidade dos solos amazônicos, com práticas adequadas vivenciadas no local, o que contrapõe o discurso de o solo ser apenas uma superfície que dá sustentação. Sabendo-se, no entanto que, quando os conduzidos nos sistemas de cultivos não considerando as especificidades ambientais local, provocam redução acelerada da Matéria Orgânica e eleva o nível de compactação do solo, o que reflete na baixa produtividade das culturas (LINHARES et al., 2016).

Dentre os conceitos de qualidade física do solo, Mea (2005) o compreende como a capacidade do solo em manter de forma efetiva as atividades ecossistêmicas essenciais para o ecossistema. Desse modo, os atributos mais utilizados como indicadores da qualidade física,

do solo, de modo geral, são a porosidade total, a densidade global, assim como, a umidade e a granulometria, dentre outros atributos de igual importância, como os químicos e biológicos. Para Stefanoski et al (2013), os atributos físicos sofrem alterações na medida em que se intensificam o uso agrícola no solo, prejudicando o crescimento vegetal.

Nesse sentido, é importante frisar que as práticas agrícolas interferem, diretamente de alguma forma no ecossistema, e sua longevidade com estabilidade depende do nível de agressão que tais práticas promovem. Assim, entende-se que todo solo precisa de cuidado para ser cultivado, estes consistem em, principalmente, evitar erosão e manter a sua melhor capacidade produtiva, ou seja, a sua fertilidade (SECTAM, 2006).

O manejo do solo sob o sistema Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) em plantio direto, são uma das práticas conservacionistas que vem tornando-se cada vez mais importantes para a sustentação da qualidade do solo, pois são eficazes na elevação, à médio e longo prazo, dos teores da matéria orgânica (BAYER et al., 2010; LOSS et al., 2011; SILVA, 2016).

Outro processo de manejo e conservação do solo recorrente em escala global, é a utilização de plantas de cobertura em sistema de rotação e sucessão de culturas, o qual permitem ao solo absorver seus resíduos culturais, após senescência, promovendo a ciclagem de nutrientes (TIECHER, 2016). Reforça-se que esses processos de manejos e conservação do solo, basicamente favorecem diversos aspectos, tanto físico, como químico e, ou, biológico. A matéria orgânica, por exemplo, é formada por compostos de carbono que são deixados no solo através da formação de liteira, e colaboram com o comportamento físico do solo, de maneira a exercer grande influência no processo de reestabelecimento estrutural (SALES, 2018).

Por outro lado, considerando o ponto de vista físico, o solo é um meio poroso no qual os espaços formados entre as partículas permite o movimento de água e gases, além de favorecer o ambiente para o crescimento de raízes (IMHOFF, 2000). Salienta-se também que em condições naturais, o volume de solo ocupado pelas raízes é relativamente grande, e a medida que o solo é submetido ao uso de atividades agrícola, suas propriedades físicas alteram-se, geralmente, desfavorável ao desenvolvimento vegetal (PAULINO, 2013). Portanto, tais características físicas do solo como, porosidade total, densidade, macroporosidade e microporosidade têm sido usadas para indicar restrições ao desenvolvimento de plantas (SPERA et al., 2004).

Por exemplo, o atributo densidade do solo, por possuir relação íntima com outros atributos, é amplamente utilizada como indicador de qualidade do solo nos trabalhos acadêmicos, e convergindo com o fato de que, com o aumento da densidade do solo, ocorre a diminuição da porosidade total, macroporosidade, absorção iônica, condutividade hidráulica, bem como o aumento da resistência mecânica à penetração de raízes e da microporosidade (LIMA et al., 2007).

Por sua vez, Paulino (2013) complementa que, para além da "classe de solo, a sua condição de umidade, na qual são realizadas as operações de preparo, semeadura, tratamentos fitossanitários e colheita, é fundamental no comportamento da sua densidade em diferentes sistemas de manejo". Também é importante no contexto frisar que, a estrutura do solo é influenciada por diversos fatores, como por exemplo, a sua natureza, especialmente a granulometria e arranjo dos poros, sendo também influenciada pela matéria orgânica (MO) e pela atividade biológica, também pelas raízes, pela fauna e pelos microrganismos do solo (GONÇALVES e STAPE, 2002).

Portanto, no contexto das interrelações entre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo para o funcionamento ecossistêmico adequado, entende-se que a atividade da microbiota do solo está intimamente ligada a sua qualidade, devendo ser interpretada juntamente com as das propriedades químicas e físicas, com efeitos positivos na produção vegetal (muito investigados). Assim, as determinações da biomassa microbiana dos solos nas áreas dos agroecossistemas diversos, dimensionam as atividades dos microrganismos de forma temporal, servindo de base no monitoramento ambiental a curto e médio prazo, também necessitam da mesma importância que as demais propriedades do solo (FRIGHETTO e SCHNEIDER, 2000; PEREIRA et al. 2000).

Estudos apontam que os parâmetros microbiológicos interagem com os processos ecológicos do solo, e sofrem alterações de pH, umidade, aeração, temperatura, disponibilidade de nutrientes orgânicos e inorgânicos (PEREIRA et al., 2000). Vale ressaltar, que os microrganismos são responsáveis pelos processos de mineralização dos nutrientes orgânicos em inorgânicos, e representam por si só uma quantidade considerável de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (SILVEIRA e FREITAS, 2007).

Silveira e Freitas (2007) também dizem:

"Os nutrientes armazenados na biomassa microbiana podem atingir valores equivalentes a 100 kg de Nitrogênio, 80 kg de Fósforo, 70 kg de Potássio e 11 kg de Cálcio por hectare. Como a biomassa dos microrganismos é reciclada cerca de 10 vezes mais rapidamente que a fração orgânica morta do solo, tem-se que a quantidade de nutrientes presentes nas células dos microrganismos é muito significativa perante a ciclagem de nutrientes em todo o ecossistema" (SILVEIRA e FREITAS, 2007).

Em condições ideais, a microbiota do solo permite que os nutrientes sejam liberados de forma gradual, sem o risco de perdas por lixiviação. Contudo, se a microbiota for reduzida, a fixação de nutrientes também será reduzida, empobrecendo o solo (HUNGRIA et al., 1997).

Desse modo, a utilização de práticas agrícolas, como as de cobertura vegetal do solo, incorporação de restos vegetais, adubação orgânica, rotação de culturas, o emprego do composto orgânico de minhoca, o uso e o manejo de plantio direto, podem proporcionar melhorias de produtividade associada a qualidade e sustentabilidade dos solos (SILVEIRA e FREITAS, 2007).

Metodologia

O presente trabalho de pesquisa foi desenvolvido no Assentamento João Batista, localizado no município de Castanhal-Pará (Figura 1), à 24 km da cidade, constando 147 famílias registradas (INCRA, 2019). A cidade de Castanhal se localiza na Mesorregião Nordeste Paraense, distante à 70 km da capital do Estado, Belém (IBGE, 2017). O município de Castanhal apresenta as seguintes características: clima de acordo com a classificação de Koppen, denominada mesotérmico úmido, do tipo Ami (SANTOS, 2006); Precipitação Pluviométrica média anual, entre 2000 e 2500 mm; Temperatura média anual, entre 24,7 °C e 27,3 °C; e Umidade Relativa do ar, com média entre 78% a 90% (MARTORANO & PEREIRA, 1993). O solo das áreas de estudo é classificado como Latossolo Amarelo, distrófico (EMBRAPA, 2018).

Figura 1. Mapa de localização do Assentamento João Batista .

Fonte: Própria, 2019.

Esta pesquisa foi desenvolvida em três áreas sob diferentes realidades de manejos, sendo que as áreas sob cultivos constaram de um agroecossistema de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) com idade de 1,2 anos, um agroecossistema florestal (SAF, com a composição de espécies na Tabela 1), e uma área de floresta nativa secundária (antropizada), como referência.

Tabela 1. Espécies de composição do SAF's.

Espécie	Nome científico
Banana	<i>Musa spp.</i>
Açaí	<i>Euterpe oleraceae Mart.</i>
Andiroba	<i>Carapaguianensis Albl.</i>
Mamão	<i>Caricapapaya L.</i>
Abacate	<i>Persea americana Mill</i>
Pupunha	<i>Bactris gasipaes kunth.</i>
Cedro rosa	<i>Cedrel fissilis Vell.</i>
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>
Margaridão	<i>Tithonia diversifolia</i>
Glirecidia	<i>Glirecidiasepium</i>

Fonte: Próprio (2019).

As amostragens do solo para a realização das análises físico-químicas e biológicas foram realizadas em cada área de estudos considerando três subparcelas posicionadas em situações heterogêneas nas paisagens, onde as amostras foram coletadas de forma deformadas e indeformadas, sendo que a primeira foi realizada com auxílio de trado tipo holandês e a

segunda, com auxílio de cilindros (diâmetro de 75mm). Ambas coletas foram realizadas a profundidade de 0,0 a 10,0 cm, no período menos chuvoso do ano (2º semestre/2018). Após a realização das amostragens de solos, procedeu-se suas identificações e transportes ao Laboratório de Solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará-Campus Castanhal (IFPA), para procedimentos das análises, ressaltando que as amostras indeformadas foram conduzidas em caixas térmicas e armazenadas em geladeira a 4 °C, até a realização das análises.

Para as avaliações dos atributos físico-químicos e de Carbono dos solos, as amostras de solos deformadas foram passadas em peneiras de malha de 2 mm e obtidas a terra fina seca ao ar (TFSA). As análises químicas foram realizadas para as caracterizações das áreas de estudos, constando dos atributos pH, Carbono Orgânico Total (COT), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), com aplicações dos procedimentos metodológicos propostos por Teixeira et al. (2017). As análises físicas constaram dos seguintes atributos: Umidade Gravimétrica (UG), Análise Granulométrica, Densidade Global do Solo (DGS), Densidade de Partículas (DP) e Porosidade Total (PT), seguindo metodologias propostas por Teixeira et al. (2017).

A determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (C-BMS) foi procedida pelo método Fumigação-Extração-Quantificação, sob metodologia proposta por Vance et al. (1987), adaptado por Silva et al. (2007). O atributo Quociente Microbiano do solo (*qMIC*), foi obtido pela relação dos teores do C-BMS pelo COT, sob metodologia proposta por Balota et al. (1998).

Na obtenção do Estoque de Carbono do Solo (ECS), utilizou-se os teores de Carbono Orgânico e de Densidade do Solo das áreas de estudo e corrigido pela Densidade do Solo da área de referência, procedido pela metodologia proposta por Veldkamp (1994), atualizado por Fernandes e Fernandes (2013).

O presente experimento foi conduzido no Delineamento em Blocos Casualizados, com três tratamentos, correspondentes as áreas de estudo (Agroecossistemas de Mandioca, Agroecossistema florestal e Floresta Nativa, antropizada) , em três repetições.

Os resultados das análises dos atributos do solo em estudo, inicialmente foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk), em atendimento ao pressuposto de

Normalidade. Após, os dados dos referidos atributos foram submetidos a Análises de Variância. Nos dados dos atributos que se constatou efeitos significativos pelo Teste F, suas médias foram contrastadas pelo teste de médias Scott&Knott a nível de 5% de probabilidade, cujos procedimentos estatísticos foram realizados por meio do Software auxiliar AgroStat.

Resultados e Discussão

Para efeito de caracterização química das áreas em estudo, encontram-se dispostos na Tabela 2, os teores dos seus atributos, que visam subsidiar a discussão sobre os efeitos constatados nesta pesquisa. De acordo com os resultados observados na referida tabela, verificam-se que os solos de todas as áreas estudadas, enquadram-se com seus teores de atributos químicos, em baixos níveis (Cravo et al. 2017), refletindo um avançado estágio de degradação química dessas áreas, de acordo com os seus índices de saturação por bases (V).

Tabela 2. Caracterização dos atributos químicos dos solos das áreas em estudo. IFPA-Castanhal, 2019.

Tratamento	Valores dos Atributos Químicos dos Solos das Áreas dos Tratamentos						
	pH em	P	K	Ca	Mg	Al	V
	CaCl ₂	mg dm ⁻³	-----	cmol _c dm ⁻³	-----		- % -
Floresta	3,7	5,3	0,17	0,23	0,13	1,3	6,0
SAF	4,5	4,0	0,08	0,83	0,17	0,07	32,7
Mandioca	4,1	5,3	0,05	0,50	0,20	0,43	21,7

Quanto aos resultados das análises dos atributos físicos e biológicos dos tratamentos, os mesmos foram submetidos à Análise de Variância e ao Teste F (Tabela 3), visando a constatação de possíveis efeitos dos manejos empregados sobre suas variações, cujos tratamentos constituíram-se por duas áreas sob agroecossistemas (agrofloresta e mandioca) e uma área de floresta secundária, como referência. Assim, verificam-se nos resultados constantes na referida tabela, efeitos significativos pelo Teste F para os seguintes atributos: de 1% para DGS, COT e ECS, de 5% para a PT e Ug, enquanto não significativo (ns) para o CBMS e qMIC. Acrescenta-se que, quando constatados significâncias nos atributos físicos e biológicos estudados, seus valores médios foram contrastados pelo teste de média Scott&Knott, cujos resultados encontram-se dispostos nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 3. Resultados da Análise de Variância dos atributos físicos e biológicos dos solos sob os tratamentos estudados, indicados pelos valores do teste F com significância. IFPA-Castanhal, 2019.

Fonte de	Valores do Teste F com Significância Para os Atributos Analisadas
----------	---

Variação	DGS	PT	Ug	COT	CBM	ECS	qMIC
Tratamentos	18,80**	7,37*	6,96*	188,63**	0,73NS	188,60**	2,73NS
CV	6,04	7,46	51,29	3,07	26,32	3,07	28,39

* Significância estatística a nível de 5% pelo teste F; ** Significância estatística a nível de 1 % pelo teste F. COT: Carbono Orgânico Total; CBM: Carbono da Biomassa Microbiana do Solo; ECS: Estoque de Carbono do Solo; q MIC: Quociente Microbiano do Solo.

Nesta pesquisa, na Tabela 4 encontram-se valores médios dos atributos físicos resultantes da aplicação de contrastes pelo teste de médias Scott&Knott, onde efeitos significativos entre médias para DGS, PT e Ug são constatados. Nota-se que as áreas da Floresta Nativa e Agroecossistema Mandioca, apresentaram, valores significativamente inferiores para DGS, em relação ao do tratamento SAF, e semelhantes entre si, respectivamente, e efeito inverso para os de PT, ou seja, valores significativos superiores para os mesmos tratamentos e inferior para o de SAF, enquanto nos resultados médios de Umidade gravimétrica, se constatou superioridade significativa para o tratamento Floresta. Os efeitos constatados na presente pesquisa, podem ser atribuídos à maior deposição de material orgânico e menor ação antrópica neste ecossistema, ainda corroborado pelo superior acúmulo do conteúdo de água armazenado neste tratamento. Estes valores corroboram com os resultados de Gazolla et al (2013) que, ao estudar os atributos físicos em diferentes sistemas de manejo encontrou valores menores de DGS e maiores de PT para o cerrado natural, ao comparar com o sistema de plantio direto e sistemas de integração.

Ainda na Tabela 4, encontram-se dispostos valores da granulometria dos solos distribuída por frações, observando-se altas taxas de argila em todas as áreas dos tratamentos estudados, o que caracteriza para Floresta a classe textural Argila, enquanto para os Agroecossistemas Mandioca e SAF, classe textural Muito Agilosa (DE PEDOLOGIA, 2007). Ressalta-se ainda que os teores de argila dos solos de todas as áreas estudadas apresentaram valores acima de 600 g kg⁻¹.

Tabela 4. Resultados das análises dos atributos físicos e classificação textural em um Latosol Amarelo das áreas dos agroecossistemas e floresta secundária, estudados, à profundidade de 0,0 a 10 cm. IFPA-Castanhal, 2019.

Tratamento	DGS	PT	UG	Granulometria			Classe Textural
	g dm ⁻³	--- % ---	g _{Água} g ⁻¹ _{solo}	Areia	Silte	Argila	
Floresta	1,19 b	49,32 a	0,41 a	228,20	153,10	618,70	Argila
SAF's	1,60 a	39,94 b	0,12 b	86,10	54,10	859,80	Muito Argilosa

Mandioca	1,32 b	49,28 a	0,11 b	107,20	74,30	818,50	Muito Argilosa
Média Geral	1,37	46,18	0,21	140,50	93,83	765,67	Muito Argilosa

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a nível de 5% de significância pelo teste de médias Scott&Knott. DGS: Densidade Global do Solo; Ug: Umidade Gravimétrica do Solo; PT: Porosidade Total.

Assim como os atributos físicos, as formas de Carbono presentes nos tratamentos, também são caracterizados como indicador de qualidade do solo, podendo variar de acordo com o manejo empregado no sistema. Desta forma, o incremento de matéria orgânica no sistema pode minimizar os fatores limitantes dos solos latossólicos, tais como, reduzida CTC e nutrientes, altas concentrações de Alumínio, entre outros fatores (BALDOTO, 2015).

Como pode ser observado na Tabela 5, nos resultados para COT e ECS, houveram efeitos significativos entre os valores médios dos tratamentos e comportamentos semelhantes entre si, destacando-se para o tratamento Floresta, valor médio superior em relação aos das outras áreas, enquanto que, para os de C-BMS e qMIC, estes não apresentaram variações significativas entre tratamentos. Em seus estudos Gama Rodrigues et al. (2018), puderam identificar variações no que diz respeito ao CO e C-BMS.

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com valores relatados por Fernandes et al (2013) que, de acordo com este autor, a rápida reposição dos teores de biomassa microbiana é resultado da entrada de carbono decorrente do processo de decomposição da fitomassa no sistema.

Assim, verificam-se nos resultados de todos os atributos estudados que seus níveis encontram-se extremamente baixos, como por exemplo, os de COT, C-BMS e ECS, embora se tenha constatado para o primeiro e terceiro atributo, superioridade do tratamento Floresta em relação aos agroecossistemas Mandioca e SAF.

Como reflexão dos resultados desta pesquisa, denota-se que os efeitos do emprego dos manejos nos agroecossistemas refletiram, em parte, na baixa qualidade física dos solos dos tratamentos, embora outros fatores tenham contribuído como os baixos níveis dos atributos químicos como a acidez expressiva dos solos das áreas e seus reduzidos índices de saturação por bases (Tabela 2), assim como seus baixos níveis de COT (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados das análises dos atributos Carbono orgânico total e microbiano e seu estoque e um Latossolo Amarelo das áreas dos agroecossistemas e floresta secundária, estudados, à profundidade de 0,0 a 10 cm. IFPA-Castanhal, 2019.

Tratamentos	COT	CBMS	ECS	qMIC
-------------	-----	------	-----	------

	g kg ⁻¹	mg C kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹	--- % ---
Floresta	15,42 a	23,10 a	37,02 a	0,15 a
SAF's	10,21 b	21,99 a	24,50 b	0,22 a
Mandioca	10,47 b	27,94 a	25,13 b	0,26 a
Média Geral	12,03	24,34	28,88	0,21

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a nível de 5% de significância pelo teste de médias Scott&Knott. COT: Carbono Orgânico Total; CBM: Carbono da Biomassa Microbiana do Solo; ECS: Estoque de Carbono do Solo; *q* MIC: Quociente Microbiano do Solo.

Quanto aos níveis do Quociente Microbiano (*q*MIC) observados nos resultados dos tratamentos (Tabela5), se verificam em suas variações, valores médios de 0,26 a 0,15% nos tratamentos Agroecossistema de Mandioca e Floresta, respectivamente.

Como visto, o atributo Quociente Microbiano do solo é obtido por meio da relação C-BMS:COT, cujo atributo vem sendo considerado como um bom indicador das alterações da matéria orgânica no solo (ANDERSON; DOMSCH, 1989), cujos autores anteriores, inferem que, valores maiores ou menores poderiam expressar a ocorrência, respectivamente, de acúmulo ou perda de C do solo. Jenkinson; Ladd (1981), por sua vez, citam 2,2% como sendo o nível no qual estaria ocorrendo o equilíbrio em parcelas cultivadas.

Assim, como se observa nos resultados do *q*MIC dos tratamentos nesta pesquisa (Tabela 5), verificam-se em todos os tratamentos valores médios enquadrados abaixo de 1%, refletindo que, conforme Jenkinson; Ladd (1981), os níveis de C-BMS encontram-se em desequilíbrios nos solos de todos os tratamentos estudados.

Conclusões

Os manejos empregados nos agroecossistemas Mandioca e SAF, como o uso de cultivos intensivos somados às práticas não conservacionistas, contribuíram em parte, para a baixa qualidade física, química e biológicas desses solos;

Dentre os tratamentos estudados, a Floresta Nativa, na maioria dos atributos físicos e biológicos, apresentou melhores resultados, embora ainda considerada com níveis baixos de qualidades física, química e biológica, o que repercute na sua lenta regeneração.

Referências

ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 2008.

ANDERSON, T; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil biology and biochemistry**, v. 21, n. 4, p. 471-479, 1989.

BALDOTTO, M. A. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Ceres**, v. 62, n. 3, 2015.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 4, p.641-649, 1998.

BAYER, L. B.; BATJES, N. H.; BINDRABAN, P. S. **Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review**. Agriculture, EcosystemsandEnvironment, v.137, p.47-58, 2010.

CARNEIRO, M. A. C., DE SOUZA, E. D., DOS REIS, E. F., PEREIRA, H. S., & DE AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

COSTA, K. M. O estoque de carbono na vegetação e no solo de fragmentos florestais em paisagens tropicais. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, 2015.

CRAVO, M. S.; CARDOSO, E. M. R.; BOTELHO, S. M. Mandioca. Recomendação de Adubação, 2017.

DE PEDOLOGIA, Manual Técnico. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**, 2ª edição, 2007.

DONAGEMA, G. K., DE CAMPOS, D. B., CALDERANO, S. B., TEIXEIRA, W. G., & VIANA, J. M. Manual de métodos de análise de solo. *Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E)*, 2011.

EMBRAPA, CNPS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2018.

FERNANDES, M. M., SILVA, M. D., VELOSO, M. E. D. C., OLIVEIRA, T. M., FERNANDES, M. R. D. M., & SAMPAIO, F. M. Biomassa microbiana e matéria orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-mansolteiro e consorciado com gramínea no sul do Piauí. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(3), 464-469, 2013.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M. **Atualização dos métodos de cálculo de estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2013. 5 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 95).

FREITAS, L. OLIVEIRA, I. A. CASAGRANDE, J. C. SILVA, L. S. CAMPOS, M. C. C. Estoque de Carbono de Latossolos em sistemas de manejo natural e alterado. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 228-239, 2018.

FRIGHETTO, R. T. S.; SCHNEIDER, R. P. **Problemas encontrados na avaliação de microrganismos do solo**. 2000. In: Frighetto, R. T. S.; Valarini, P. J. (Coords.). **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna. 198p. (Embrapa Meio Ambiente. Documento, 21).

GAMA-RODRIGUES, E. F., PALMA ARAÚJO, S., FAUSTINO, L. L., DE SOUSA MOREIRA, R. V., DE OLIVEIRA PAULUCIO, V., & GAMA-RODRIGUES, A. C. Atributos físicos, químicos e microbiológicos dos solos sob diferentes usos em topossequências no Noroeste Fluminense. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.13 n. 3, 2018.

GAZOLLA, PAULO R.; GUARESCHI, RONI F.; PERIN, Adriano. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo Vermelho em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 229-235, 2013.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de Solos para Plantações Florestais**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Piracicaba – São Paulo, 2002.

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A. **Importância do sistema de semeadura na população microbiana do solo**. Comunicado Técnico/Embrapa-Soja, Londrina, Paraná, no 56, 1997, p.1-9.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TROMENTA, C. A. **Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35:1493-1500, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA- INCRA. **Projetos de Reforma Agrária Conforme Fases de Implementação**. 2019. SIPRA; SDM. Rel_02227. disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/file/uploads/reforma-agraria/questao-agraria/reforma-agraria/projetos_criados-geral.pdf>. acesso em: 14, Junho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE), 2017. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/castanhal/panorama>.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. M. eds. **Soil Biology Biochemistry**, New York, Marcel Decker, v. 5, p.415-471, 1981.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. **Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1233-1244, 2007.

LINHARES, J. M. S.; BASTOS, W. R.; JUNIOR, R. F. S.; OLIVEIRA, L. C. S. **Variabilidade de atributos físico-químicos e dos estoques de carbono orgânico em Argissolo Vermelho sob sistemas agrofloretais no Assentamento Umari Sul do Amazonas**. Revista Geográfica Acadêmica, v.10, n.1, 2016.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; GIACOMO, S. G.; PERIN, A. **Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.565-579, 2011.

MARTORANO, L. G; PEREIRA, L. Estudos climáticos do Estado do Pará. **Dissertação de mestrado**/ Universidade Federal do Pará, Belém, p. 126, 1993.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and human well-being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 137p.

PRIMAVESI, A. M. **Agroecologia e manejo do solo**. Revista Agriculturas, v. 5, n. 3, p. 7-10, 2008.

SALES, A. et. al. **Carbono orgânico e atributos físicos do solo sob manejo agropecuário sustentável na Amazônia Legal**. Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2018.

SANTOS, JS dos; SILVA, L. M.; COSTA, G. B. Um estudo da precipitação pluviométrica no município de Castanhal/PA. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**. 2006.

Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM. **Práticas de manejo e conservação do solo**. – Belém: SECTAM, 2006.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; De-POLLI, H. Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C). **Comunicado Técnico**. Seropédica, Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, G. N. **Sistemas de manejo e uso do solo sobre as frações e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo sob cerrado**. 44p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 2016.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007.

SOARES, M. D. R., CAMPOS, M. C. C., OLIVEIRA, I. A., CUNHA, J. M., SANTOS, L. A. C., FONSECA, J. S., & SOUZA, Z. M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 1, p. 9-15, 2016.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. **Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade**. Revista Brasileira de Ciência Solo, 28:533-542, 2004.

STEFANOSKI, D. C., SANTOS, G. C., MARCHÃO, R. L., PETTER, F. A., & PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. (2013).

PAULINO, P. S. **Atributos físicos como indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no Estado de Santa Catarina**. SC/ Programa de Pós- Graduação em Manejo do Solo. 2013.

PEREIRA, J. C. **Interações entre as populações de actinomicetos e outros organismos na rizosfera**. 2000. Embrapa Agrobiologia, Seropédica. 15p. (Embrapa- CNPAD. Documentos, 118).

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e manejo do solo. Revista Agriculturas, v. 5, n.3, p. 7-10. 2008.

TEIXEIRA, P. C; DONAGEMMA, G. K; FONTANA, A; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análises de solo**. 3 ed. Ver. E ampl.-Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: praticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água** [recurso eletrônico]. - Porto Alegre: UFRGS, 2016.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 175-180, 1994.