



Abril 2019 - ISSN: 1696-8352

PROPRIEDADES E ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO NA AMAZÔNIA ORIENTAL: UM ESTUDO DE CASO SOBRE OS SISTEMAS DE MANEJO

Alcione Santos de Souza (UEPA/UFRA)¹

Professora de Cartografia da Universidade do Estado do Pará
E-mail: onesouza@yahoo.com.br

Oswaldo Ryohei Kato (UFRA)²

Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental no Estado do Pará
E-mail: okato945@gmail.com

Luis de Souza Freitas (UFRA)³

Professor of Agrarian Sciences at the Federal Rural University of Amazônia
E-mail: luisufra@gmail.com

Jessivaldo Rodrigues Galvão (UFRA)⁴

Professor Mestre de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia
E-mail: jessivaldor48@gmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Alcione Santos de Souza, Oswaldo Ryohei Kato, Luis de Souza Freitas y Jessivaldo Rodrigues Galvão (2019): "Propriedades e estoque de carbono e nitrogênio do solo na Amazônia oriental: um estudo de caso sobre os sistemas de manejo", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (abril 2019). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2019/04/carbono-nitrogenio-amazonia.html>

Resumo

Esta pesquisa apresenta o tema "Propriedades e Estoque de Carbono e Nitrogênio do Solo na Amazônia Oriental: Um estudo de Caso sobre os Sistemas de Manejo" trata da ocorrência da mudança no uso da terra, provocada pela ação humana, tem o potencial de alterar significativamente a dinâmica da Matéria Orgânica do Solo (MOS), a qual constitui um reservatório de materiais diferentes quanto à origem, composição e dinâmica. O objetivo foi avaliar as propriedades e estoques de carbono e nitrogênio do solo sob sistemas de uso da terra. O estudo foi realizado na Amazônia Oriental, Nordeste do Pará, no município de Igarapé-Açu, em solo Latossolo Amarelo. As áreas experimentais eram situadas nas comunidades de Cumaru (Travessa Cumaru), Nova Olinda (em propriedades de pequenos produtores rurais) e Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA e Fazenda Escola de Igarapé-Açu - FEIGA. Os sistemas de uso da terra estudados foram: T1 CC(Cumaru Capoeira), T2 CSQT (Cumaru sem queima triturado), T3 CQ(Cumaru queima), T4 UFC (UFRA Capoeira), T5 UFSQT (UFRA sem queima triturado), T6UFQ (UFRA- queima), SAF 1 CT (SAF Capoeira Plantio), SAF 1

¹ Mestre em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, Brasil.

² Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil.

³ Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil.

⁴ Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil.

PT(SAF plantio triturado), SAF 2 C (SAF Capoeira) SAF 2 QP(SAF queimado e plantio). Foram coletadas amostras de solos nas profundidades 0-5cm, 5-10 cm e 10-20 cm para análise granulométrica e concentração de carbono e nitrogênio por combustão em analisador elementar LECO CHN-S TRUSTEC. As variáveis foram submetidas à análise de variância, comparadas pelo teste de SNK. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Houve Influência dos sistemas de uso da terra no estoque de carbono, sem queima e com trituração, aliado a textura argilosa contribuiu para que o sistema mantenha o carbono estocado no solo. Contribuindo para que não haja perda de nutrientes no solo. Os teores (propriedades) de carbono nos sistema sem queima e trituração apresentaram valores mais altos em superfície, em detrimentos dos sistemas com queima.

Palavras-chave: Estoque de Carbono e Nitrogênio; Matéria Orgânica; Queima.

PROPERTIES AND STOCK OF CARBON AND NITROGEN SOIL IN THE EASTERN AMAZON: A CASE STUDY ON MANAGEMENT SYSTEMS

Abstract

This research presents the theme "Properties and Stock of Carbon and Nitrogen Soil in The Eastern Amazon: A case study on management systems" deals with the occurrence of change in land use, caused by human action, has the potential to significantly alter the dynamics of Soil Organic Matter (MOS), which constitutes a reservoir of different materials as to origin, composition and dynamics. The objective was to evaluate the properties and stocks of carbon and nitrogen of the soil under land use systems. The study was carried out in the Eastern Amazonia, Northeast of Pará, in the municipality of Igarapé-Açu, on Yellow Latosol soil. Experimental areas were located in the communities of Cumaru (Travessa Cumaru), Nova Olinda (on small farmers' farms) and Federal Rural University of Amazonia - UFRA and Fazenda Escola de Igarapé-Açu - FEIGA. The land use systems studied were: T1 CC (Cumaru Capoeira), T2 CSQT (Cumaru without crushed burning), T3 CQ (Cumaru burning), T4 UFC (UFRA Capoeira), T5 UFSQT (UFRA without grinding), T6UFQ SAF 1 C (SAF Capoeira Plantio), SAF 1 PT (SAF planted crushed), SAF 2 C (SAF Capoeira) SAF 2 QP (SAF burned and planted). Soil samples were collected at depths of 0-5 cm, 5-10 cm and 10-20 cm for particle size analysis and carbon and nitrogen concentration on LECO CHN-S TRUSTEC elemental analyzer. The variables were submitted to analysis of variance, compared by the SNK test. The statistical program SISVAR (FERREIRA, 2011) was used. There was influence of the land use systems in the carbon stock, without burning and with grinding, allied to the clayey texture contributed to the system to keep the carbon stored in the soil. Contributing to the loss of nutrients in the soil. The carbon content in the system without burning and grinding showed higher values at the surface, in detents of the systems with burning.

keywords: Stock of Carbon and Nitrogen; Organic Matter; Burning.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças nos usos da terra são principalmente provocadas pela ação humana, a qual tem o potencial de alterar significativamente a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), a qual constitui um reservatório de materiais diferentes quanto à origem, composição e dinâmica. Assim, os estoques de C e de N contidos nos solos podem ser submetidos a modificações, quando a vegetação nativa é retirada para a conversão da área em sistemas agrícolas. Conforme o sistema de manejo do solo empregado, esses estoques podem permanecer estáveis, aumentar ou diminuir em relação ao sistema natural.

No solo o carbono é o seu principal constituinte, perfazendo 58 % de sua composição. Atualmente a uma maior preocupação na manutenção do conteúdo do carbono no solo devido a sua importancia em diversos processos, mas também ao seu papel ambiental na mitigação do efeito estufa.

De acordo com Beber (2011) indica que um dos principais indicadores da qualidade de solos é a matéria orgânica (MO), uma vez que características e propriedades deste, como estabilidade dos agregados, qualidade da estrutura, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, atividade biológica, liberação de 10 CO₂ e outros gases para a atmosfera e a disponibilidade de nutrientes para as plantas, possuem estreita relação com a MO.

O Carbono orgânico (CO) é resultante da decomposição de plantas e de animais, além de fontes de CO por atividades antrópicas, como derramamentos ou lançamentos de poluentes no ambiente. Com a decomposição da MOS a maior parte do C é liberada para a atmosfera na forma de CO₂, e o restante do C decomposto passa a fazer parte da MO, como um componente do solo⁵.

Assim, sendo um componente dinâmico no solo, a MO é sensível ao manejo realizado. As mudanças de uso e manejo do solo, como a conversão de áreas de vegetação nativa em agricultura, a prática de queimadas, provocam a transferência de parte dos estoques de C da biomassa superficial e do solo para a atmosfera, contribuindo de forma significativa para o aumento de CO₂ atmosférico.

Desta forma, podemos destacar sobre os diferentes tipos de manejo do solo (sistema de plantio convencional, sistema de plantio direto, etc), e das plantas agrícolas (rotações de culturas utilizadas, cobertura do solo, adubação verde, etc), irão determinar a contribuição das atividades agrícolas sobre os fluxos de C. Sistemas de manejo de solos que sequestram C podem contribuir, portanto, para um melhor controle dos fluxos dos Gases de Efeito Estufa - GEE.

Segundo Beber (2011) demonstra que o solo representa o segundo maior reservatório superficial de C, e uma série de estudos tem demonstrado a relação deste com o efeito estufa e apontado este meio natural como importante sumidouro (dreno) de C atmosférico, quando realizadas práticas que promovam o aumento do CO do solo.

A matéria orgânica do solo é composta pelo resto de plantas e animais. Usa-se a palavra orgânica porque se refere a restos de organismos, e estes por sua vez são formados principalmente por compostos orgânicos entre os quais há quatro grandes grupos. Os carboidratos e as proteínas são os mais importantes, tanto um como o outro possuem uma decomposição rápida, contribuindo para os nutrientes do solo, como nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S). Outro é a lignina, um composto altamente resistente, que persiste no solo fazendo parte do húmus. Finalmente, temos os lipídios (somado com as ceras e as resinas), que também são componentes resistentes e contribuem com o enxofre (S) e fósforo (P) para o solo. (AGUIAR, 2011)

Estudos recentes revelam que a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas cultivados resulta no decréscimo do aporte de C nos diferentes compartimentos da MOS. Tais perdas decorrem, em grande parte, do tipo de sistema de manejo adotado nas mais diversas condições de ambiente. Nesse contexto, os sistemas agrícolas convencionais, caracterizados pelo intenso revolvimento do solo e pelo uso de elevadas quantidades de adubos químicos e pesticidas, contribuem, mais intensamente, para as perdas de C orgânico do solo (LEITE ET AL., 2003; MIELNICZUK ET AL., 2003).

⁵ Em Machado (2005) indica que em condições de vegetação natural, o conteúdo de MO é estável, e o estoque de C representa o balanço dinâmico entre a adição de material vegetal (C adicionado) e a perda de C na forma de CO₂ produzido durante a decomposição ou mineralização do C decomposto, porém, alterações provocadas no solo, como o cultivo convencional de culturas, em que o solo é revolvido, geralmente provocam decréscimo no conteúdo de MO, o qual passa a ser determinado pela relação entre as novas taxas de adição e perda de compostos orgânicos.

Diante desses estudos, desenvolve-se o processo de degradação química, física e biológica do solo, tendo como produto a redução de produtividade das culturas exploradas, cada vez mais acentuada com o manejo inadequado e o uso contínuo do solo.

Por outro lado, segundo Embrapa (2018) embora tenha havido expressiva expansão da produção e da produtividade, a ocupação e o uso do solo demonstram que a agricultura brasileira, além de pujante, tem sido bem sucedida na conservação do meio ambiente.

De acordo com Bayer et al. (2008) apresentam que tem-se aumentado o interesse em avaliar os efeitos das opções de manejo com práticas conservacionistas que priorizem o aporte de MOS. Segundo tais estudos, o manejo menos intensivo do solo promoveu acréscimos consideráveis no conteúdo total de C no solo e teve ação efetiva nas variações dos diferentes compartimentos da MOS. Nesse sentido, torna-se de fundamental importância a avaliação dos indicadores mais sensíveis às práticas de manejo, visando ao monitoramento dos impactos positivos ou negativos sobre o solo.

Considerando os inúmeros aspectos mencionados, o Brasil se consolidou como o único país no cinturão tropical capaz de conquistar a posição de potência agrícola. As tecnologias de manejo do solo e a tropicalização dos cultivos permitiram que o País aproveitasse terras em diversas condições climáticas. Os manejos e as práticas sustentáveis desenvolvidas constituem um arsenal de defesa ambiental. O dinamismo empreendedor dos produtores combinado com esses conhecimentos e com as oportunidades de mercado tornaram as safras brasileiras essenciais para a segurança alimentar do País e do mundo (EMPRAPA, 2018).

Em análises na natureza, o solo comporta-se como um sistema aberto, trocando matéria e energia com o meio. O sistema atinge um estado estável quando as taxas de adição e perdas se equivalem. Dentro desse conceito, a adição de matéria orgânica ocorre via adição de carbono pela síntese de compostos orgânicos no processo de fotossíntese.

A quantidade adicionada de carbono em determinadas condições edofoclimáticas depende de espécies e dos sistemas de cultura utilizados. Já as perdas de carbono ocorrem principalmente pela liberação de CO₂ na respiração, pela decomposição microbiana dos resíduos e da matéria orgânica do solo e pelas perdas de compostos orgânicos por lixiviação e erosão. A magnitude desses processos, em dadas condições edafoclimáticas, dependem direta ou indiretamente do manejo do solo.⁶

Para Bayer (2004) o aporte contínuo de material senescente da parte aérea das árvores pode devolver ao solo grande quantidade de material orgânico, representando nas florestas tropicais, a forma mais significativa de transferência de nutrientes à superfície do solo. O aporte de material orgânico, se associado ao menor revolvimento do solo, contribui para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Em sistemas agroflorestais (SAFs) o aporte constante de material senescente das árvores promove essa melhoria.

Em Desjardins et al., (2004) destacam sobre as práticas de manejo e a utilização antrópica do meio são fatores que controlam a mineralização e a humificação da matéria orgânica. Dentre esses fatores pode-se citar: a natureza dos aportes orgânicos, ou seja, resíduos vegetais, animais ou de origem microbiana, os organismos do solo, a mineralogia, estrutura, aeração e textura do solo.

⁶ Os solos no bioma amazônico são, em geral, ácidos e com baixa fertilidade natural. A manutenção de sua qualidade está na dependência do aporte de matéria orgânica e da ciclagem dos nutrientes.

Sendo assim, um sistema agrícola pode apresentar diferenças significativas em seu estoque de carbono do solo, sendo que essas diferenças são atribuídas a variação de manejo empregado e ao tempo em que a mudança do uso da terra ocorreu. Assim, Belzário (2008) para Sistemas como o plantio direto podem reduzir as emissões de CO₂ pelo maior acúmulo de material vegetal sob o solo. Um sistema de manejo adequado pode acarretar em alta produtividade de biomassa e favorecer características do solo que melhorem seu estado de organização e estrutura.

Entretanto, com a retirada da floresta e o manejo intensivo e inadequado dos solos, reduz-se a qualidade destes, diminuindo em consequência, a produtividade das culturas e a sustentabilidade dos agroecossistemas. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar os teores e estoques de carbono e nitrogênio do solo nos diferentes sistemas de uso da terra estudados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas de estudo

O município de Igarapé-Açu localizado na microrregião Bragantina, pertencente à mesorregião do nordeste paraense. A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 01°07'33" de latitude sul e 47°37'27" de longitude a oeste de Greenwich.

As áreas experimentais são as comunidades de Cumaru (Travessa Cumaru), Nova Olinda (em propriedades de pequenos produtores) e UFRA/FEIGA, com as seguintes coordenadas geográficas: 1° 11' 23,5" S e 47° 31' 59,5" W; 1° 02' 33,8" S e 47° 29' 47" W, mais 1° 07' 15,5" S e 47° 36' 12,7" W.

Os solos da Região Bragantina apresentam características pedológicas relativamente uniformes em grande parte da região. Devido às características do material parental e em virtude de processos de lixiviação, os sedimentos são extremamente oligotróficos⁷, dando origem a solos com baixa oferta de nutrientes. (KATO, O. R; KATO, M.S. E DENICH, M., 2006).

No município de Igarapé-Açu, o solo dominante é o Latossolo Amarelo com horizonte A moderado, textura média, sendo que algumas porções apresentam o caráter concrecionário em terra firme, além da presença de solos hidromórficos encontrados nas várzeas dos rios que servem o município. De acordo com Gama (2002), com "o uso intensivo da agricultura itinerante e com a erosão laminar do horizonte superficial, parte dos solos da Região Bragantina começaram a apresentar uma relação textural do horizonte B sob o A bastante elevada (abrupta)".

É importante destacar que ao estudar e analisar o solo que classificamos é uma coleção de corpos naturais, tridimensionais, dinâmicos, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências autotróficas. O corpo tridimensional que representa o solo é denominado "pedon". A face do "pedon" que vai da superfície ao contacto com o material de origem, constituindo a unidade básica de estudo do Sistema Brasileiro de Classificação é o perfil de solo, sendo avaliado em duas dimensões e perfazendo uma área mínima que possibilite estudar a variabilidade dos atributos, propriedades e características dos horizontes ou camadas do solo (EMBRAPA, 2006)

Constatou-se que em estudo realizado por Kanashiro e Denich (1998), o solo foi classificado como Podzólico Amarelo álico, que pela atual classificação brasileira são denominados de

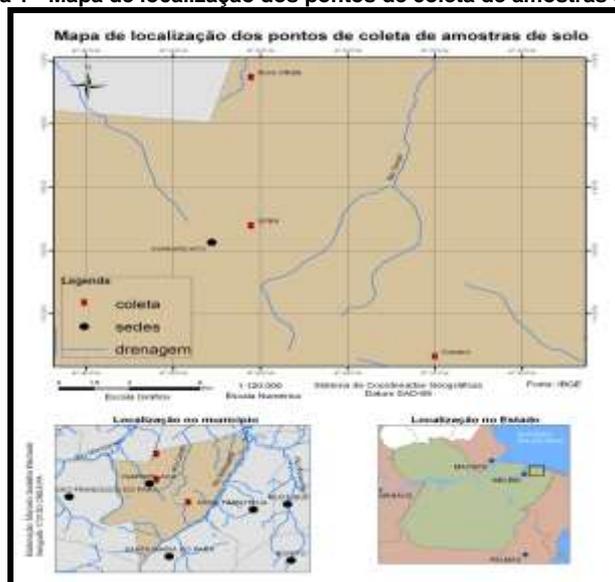
⁷ De acordo com Infopédia (2012), relativo à oligotrofia; Ecologia diz-se do solo pobre em nutrientes minerais; Ecologia diz-se do lago ou do rio cujas águas são pobres em nutrientes e têm, conseqüentemente, baixa taxa de produção de matéria orgânica.

Argissolo Amarelo distrófico, com textura variando de arenosa a média (EMBRAPA, 2005). Na área experimental da UFRA, prevalece um solo areno-argiloso (KATO, 1998). (Ver Figura 1)

Para Jacomine (2009) em análise dos estudos da Embrapa (2006) os Argissolos são solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alético. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Podemos observar na Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras de solo, produzido e desenhado por nossa autoria.

Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras de solo



Fonte: Souza et al, 2012.

O clima está incluído na categoria do equatorial megatérmico úmido, correspondente ao tipo Ami, da classificação de Köppen. A temperatura média anual está entre 25 °C e 27 °C, com máximas que podem chegar a 40 °C, e pequena amplitude térmica. (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007) Apresenta precipitação pluviométrica abundante, com média anual em torno de 2.500 mm e umidade relativa do ar média em torno de 85%, com estação chuvosa entre os meses de dezembro a maio e, a menos chuvosa, de junho a novembro. (BASTOS, 2000)

Na Tabela 1 a seguir trata dos atributos físico-químicos do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo:

Tabela 1- Atributos físico-químicos do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo

Trat.	Prof (cm)	Ds kg.dm ⁻³	pH H ₂ O	MgO g kg ⁻¹	P mg.dm ⁻³	K	Na	Ca	Mg	Al
				cmole.dm ⁻³						
T1	1,20	5,15	11,30	3,75	19,0	12	1,98	0,63	0,43	
T2	1,26	4,98	9,18	3,75	14,00	7,50	0,93	1,38	0,43	
T3	1,05	4,98	10,35	5,50	20,00	9,00	1,60	2,08	0,33	
T4	1,13	4,80	22,46	4,00	30,25	20,50	1,58	2,23	0,75	
T5	1,45	4,95	19,00	5,75	38,00	14,00	2,58	3,30	0,28	
T6	1,24	5,05	16,94	3,50	36,00	14,00	2,93	3,75	0,13	
T7	1,26	5,42	12,78	1,75	17,75	9,5	1,5	0,60	0,4	
T8	1,25	5,28	12,68	6,50	33,00	13,00	2,60	3,48	0,10	
T9	1,16	5,29	12,93	4,0	25,25	10,5	2,05	0,75	0,33	
T10	13,4	5,50	11,78	3,25	23,50	8,0	2,28	1,15	0,10	
T1	1,33	4,95	9,33	3,25	13,25	9	1,08	0,53	0,58	
T2	1,41	4,55	11,68	5,50	16,00	8,00	0,78	1,20	0,95	
T3	1,25	4,73	12,77	5,00	17,75	9,00	1,23	1,60	0,63	
T4	1,23	4,73	12,91	2,00	21,00	12,75	0,68	1,10	0,93	
T5	1,49	4,80	16,25	5,00	26,00	12,75	1,80	2,55	0,55	
T6	1,43	5,23	15,03	2,00	22,50	10,75	2,25	2,93	0,25	
T7	1,30	5,27	9,30	1,75	14,0	7,0	1,20	0,55	0,5	
T8	1,44	5,33	14,19	5,75	25,50m	9,50	2,48	3,33	0,20	
T9	1,17	5,10	13,10	4,0	20,0	9,0	1,25	0,75	0,53	
T10	1,40	5,42	11,42	2,25	22,25	6,5	1,80	1,40	0,20	
T1	1,43	4,80	7,31	3,25	12,75	8	0,73	0,43	0,65	
T2	1,39	4,50	0,13	10,50	4,50	12,25	6,50	0,60	0,93	
T3	1,41	4,70	7,41	4,00	17,75	8,50	0,80	1,33	0,70	
T4	1,50	4,73	12,05	2,00	17,50	10,00	0,63	1,03	1,08	
T5	1,57	4,93	13,62	3,25	19,50	8,50	1,05m	1,53	0,85	
T6	1,52	5,08	12,37	1,25	16,00	10,00	1,43	1,95	0,48	
T7	1,44	5,01	9,63	1,25	14,0	8,0	0,9	0,47	0,5	
T8	1,53	5,15	9,85	3,50	18,50	7,00	1,33	2,08	0,38	
T9	1,43	5,05	11,17	2,25	16,25	7,05	0,85	0,8	0,75	
T10	1,47	5,12	11,78	2,25	17,25	6,5	1,25	0,7	0,37	

Fonte: Souza et al, 2012.

Trat.= Tratamentos; Ds= Densidade do solo (kg.dm⁻³); pH = potencial hidrogênico; Ca⁺⁺;Mg⁺⁺ K⁺ e Na⁺ trocáveis; Al⁺³ = alumínio trocável; P = fósforo disponível; profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA

Constata-se que a vegetação predominante em Igarapé-Açu é representada pela floresta secundária, proveniente da remoção da floresta primária, para a implantação de cultivos de subsistência. Na região há uma tendência quanto à conversão das florestas primárias e secundárias em extensas pastagens. Nas margens dos rios e riachos encontra-se a vegetação de galeria. Antes da intervenção humana, predominava na região a vegetação primária de Floresta Equatorial Perenifólia, as várzeas e igapós e campos inundados que, atualmente, estão restritos a algumas localidades.

Sendo assim, a vegetação é representada pela floresta secundária, proveniente da remoção da floresta primária, para a implantação de cultivos de subsistência.

Hoje, pode-se observar a região tem uma paisagem agrícola bastante expressiva e a cobertura vegetal é dominada por lavouras que se alternam com a capoeira, devido ao corte-e-queima da agricultura familiar. Nas propriedades rurais de Igarapé-Açu, mais da metade da área é ocupada por capoeira em diferentes estágios de desenvolvimento, provenientes da remoção da floresta primária para a implantação de cultivos de subsistência (16% até quatro anos de idade e 50% mais de quatro anos), enquanto as florestas (naturais e plantadas) ocupam apenas 7,5% da área útil (KATO, 1998).

2.2 Geologia e Relevô

A partir do conhecimento das áreas em estudo, verifica-se que similar a toda à Microrregião Bragantina, o município de Igarapé-Açu apresenta características sedimentares do Terciário Barreira e Quaternário Subatual e antiga. Na região foram identificadas as unidades morfoestruturais de Planície fluviais e flúvio-marinhas, com mangues e Planalto rebaixado da Amazônia.

É importante ressaltar sobre o histórico das áreas de estudo, pois na tabela 2 a seguir demonstra o experimento Cumaru Capoeira (14 anos)

Tabela 2 - Histórico de Áreas de Estudo Experimento Cumaru/Capoeira 14 anos

Experimento Cumaru	
Sem Queima(triturado)	Com Queima
1995 e 1996 arroz, caupi e mandioca	1995 e 1996 arroz, caupi e mandioca
1997 e 1998 arroz, caupi e mandioca	1997 e 1998 arroz, caupi e mandioca
1999 a 2001 pousio	1999 a 2001 pousio
2002 e 2003 arroz, caupi e mandioca	2002 e 2003 arroz, caupi e mandioca
2004 e 2005 arroz, caupi e mandioca	2004 e 2005 arroz, caupi e mandioca
2006, 2007, 2008 e 2009 pousio	2006, 2007, 2008 e 2009 pousio
2010 e 2011 mandioca	2010 e 2011 mandioca

Fonte: Pesquisa de campo, município de Igarapé-Açú – PA, 2011.

Na área referente à localidade de Cumaru (Tabela 3), que houveram modificações neste experimento, pois verificou-se que após os preparos com derruba e queima da vegetação e sem queima e com trituração da vegetação, no município de Igarapé-Açú, foram cultivados arroz (*Oriza sativa*), caupi (*Vigna unguiculata*) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), nos períodos de 1995 a 1998. A área de cultivo entrou em pousio de 1999 a 2001, sendo que no período de 2002 a 2005 voltou a receber as mesmas culturas. Entrou em pousio novamente no período de 2006 a 2009, recebendo o cultivo da mandioca em 2010/2011.

Como podemos verificar a seguir na Tabela 04, sobre o experimento da UFRA que demonstrou uma análise da área com vegetação de capoeira com 15 anos de idade, além de áreas preparadas com queima da vegetação, e sem queima e com trituração da vegetação. Nos períodos de 2002/2003, na área sem queima, foram plantados milho (*Zea mays*) e mandioca, e promovido o enriquecimento com *Acacia mangium* Willd; em 2003/2004, pousio e enriquecimento com *Acacia mangium* Willd; de 2005 a 2006, cultivo de milho e mandioca; 2006 a 2007, plantio de caupi e mandioca e enriquecimento com *Inga edulis* e *Acacia mangium* Willd; pousio e enriquecimento com *Acacia mangium* Willd em 2008 e 2009; em 2010 a 2011, cultivo de milho e mandioca.

Tabela 2 - Experimento UFRA

Experimento UFRA		
Capoeira	Sem queima(triturado)	Queimado
15 anos	2002 e 2003 milho e mandioca + enriquecimento com <i>Acacia mangium</i> Willd	2002 e 2003 milho e mandioca
	2003 e 2004 pousio e enriquecimento	2003 e 2004 pousio natural
	2005 e 2006 milho e mandioca	2005 e 2006 pousio natural
	2006 e 2007 caupi e mandioca + enriquecimento com <i>Inga edulis</i> e a <i>Acacia mangium</i> Willd	2007 e 2008 milho e mandioca
	2008 e 2009 pousio e enriquecimento	2008 e 2009 pousio natural
	2010 e 2011 milho e mandioca	2010 e 2011 pousio natural

Fonte: Pesquisa de campo, município de Igarapé-Açú – PA, 2011.

Dessa forma, na área queimada, plantio de milho e mandioca, de 2002 a 2003; pousio natural em 2005 e 2006; cultivo de milho e mandioca, de 2007 a 2008; pousio de 2008 a 2011.

Sendo assim, a partir desse momento demonstraremos uma análise na Tabela 05, que destaca sobre os SAF 1 e SAF 2, a diferença do cultivo e plantio de algumas frutas, com 3 anos de diferença, Capoeira 15 anos e Capoeira 12 anos.

Tabela 4 - SAF 1 e SAF 2

SAF 1	SAF 2
Capoeira 15 anos	Capoeira 12 anos
Antes do plantio área passou por trituração no ano de 2006.	Área foi feita antes da queima
Plantio: Açaí e Cupuaçú	Plantio: Açaí, urucum, Graviola, Glicíndia, Mandioca, Limão
Em 2006 a 2007: Glicíndia, Pimenta-do-reino, Mogno, Paricá e limão	Em 2007: Queimado e depois realizado plantio

Fonte: Souza et al, 2012.

2.3 Coleta das amostras de solo

As amostras de solo foram coletadas em janeiro de 2009. Nos sistemas foram abertos e coletados miniperfis com 25 cm de profundidade e coletadas fatias de solo nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm e quatro repetições. As amostras de solo foram submetidas a análise físico-químicas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, (EMBRAPA, 1997).

As Amostras indeformadas para determinação da densidade do solo foram coletadas no mesmo ano e período. Retiraram-se amostras indeformadas nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Os valores de densidade de solo foram utilizados no cálculo dos estoques de C no solo.

2.4 Estoque de C no solo

Para determinação da concentração de C e N total, cerca de 20g de solo foram triturados em almofariz (pilão de porcelana) e tamisados em peneira de 0,25mm (60 mesh), adquirindo características de pó. Em seguida, foi pesado aproximadamente 0,20g com precisão de quatro casas decimais, para determinação da concentração de C e N por combustão a seco, com analisador elementar da marca LECO, modelo CHN- S TRUSTEC. O estoque de carbono total do solo foi calculado segundo Veldkamp (1994), em que: $EstC = (Ct \times Ds \times e) / 10$, onde: EstC = estoque de carbono total em determinada profundidade ($Mg \text{ ha}^{-1}$); Ct = teor de carbono orgânico total na profundidade amostrada ($g.kg^{-1}$); Ds = densidade do solo na profundidade amostrada ($g.cm^{-3}$); e = espessura da camada considerada (cm).

É importante destacar que as análises estatísticas para Ferreira (2007) as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância comparada pelo teste de SNK. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR.

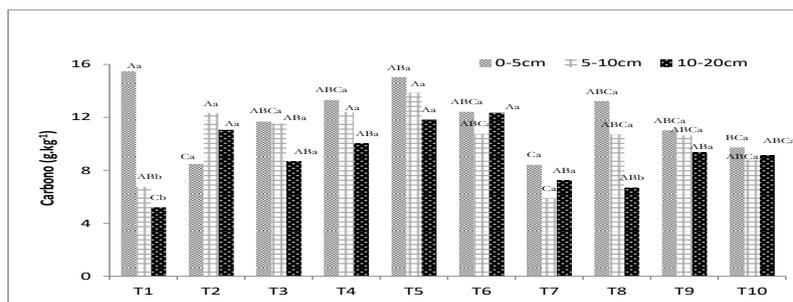
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante desta pesquisa, nos resultados e discussão analisaremos 03 (três) categorias que são: Os Teores de Carbono e Nitrogênio nos solos dos diferentes; Estoque de Carbono; e Densidade do solo.

3.1 Teores de Carbono e Nitrogênio nos solos dos diferentes

Foram observadas maiores amplitudes de C e N do solo entre os sistemas de manejo na camada 0 a 5 cm do que na camada 5 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade. Os sistemas com queima tiveram uma redução de carbono. Na camada 0 a 5 cm, maiores teores de carbono foram obtidos no tratamento T1, este por sua vez superou estatisticamente apenas os tratamentos T2, T7 e T10. Os sistemas que não usaram a queima e os que com sistemas agroflorestais apresentaram valores mais elevados em comparação aos com queima. (Figura 2).

Figura 2 - Teores de Carbono



Fonte: Souza et al, 2012.

Figura 1: Teores de Carbono (g.kg^{-1}), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açú-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

No sistema T1 (CC) que corresponde a área de capoeira cumaru, promoveu maior concentração de carbono, principalmente na camada de 0-5 cm, o que na prática indicam menores perdas de carbono devido esses sistemas se caracterizarem como agroecológicas, proporcionando uma recuperação da qualidade do solo. Fatores como não revolvimento do solo, manutenção da matéria orgânica e lenta taxa de mineralização podem justificar essa maior quantidade de carbono orgânico nesse tratamento.

Na camada de 5-10 cm, maiores teores de carbono ($13,85 \text{ g.kg}^{-1}$) foi observado no T5 (UFSQT), que corresponde a área UFRA/FEIGA sem queima e com trituração, o qual diferiu estatisticamente somente do tratamento T7= SAF 1C (SAF 1 capoeira). Maiores teores de C nas camadas mais superficiais são comumente observados em diversos tipos de solos sob diferentes tipos de vegetação e estão relacionadas com maiores concentrações de matéria orgânica, que contém, em média, cerca de 58% de C (RECCO et al., 2000; RESENDE, 1995).

Desta forma, os resultados parecidos também foram encontrados por Moreira e Malavolta (2004) Estudando a dinâmica da matéria em diferentes sistemas de manejo na Amazônia ocidental, os maiores valores foram encontrados na camada superficial, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

O teor de C total nos diversos sistemas diminuiu conforme o aumento da profundidade. Provavelmente porque a deposição natural do material orgânico rico em nutrientes ocorre em maior quantidade na superfície do solo (FREIXO et al., 2002). Estudos no município de Igarapé-Açu mostraram que a queima da capoeira provoca a perda de 94- 97% do carbono, demonstrando que grande parte do carbono é perdida por volatilização e uma pequena parte é perdida por lixiviação após a queima (SOMMER et al., 2004).

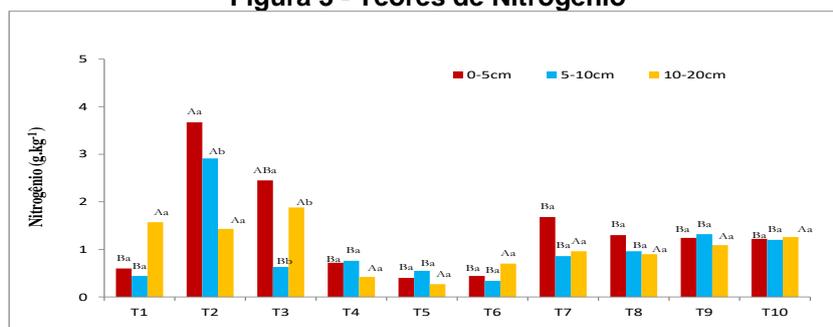
Nos sistemas T4, T5 e T8, principalmente nas duas primeiras camadas de 0-5 cm a 5-10 cm, observa-se uma considerável concentração de carbono. Este fato pode ser explicado pela manutenção da palha na superfície do solo, somada à ausência de revolvimento do solo, além de reduzir a emissão de CO₂ para a atmosfera, atua no estoque de C no solo, trazendo ainda diversidade microbiana e melhoria na fertilidade dos solos agrícolas brasileiros (SIX et. al., 2002; FOLEY et al., 2005).

Dados parecidos com deste trabalho foi encontrado por Vasconcelos (2010), estudando indicadores químicos e biológicos de solos submetidos ao sistema de preparo de área usando a queima e a trituração da vegetação no Nordeste Paraense, encontrou teores de carbono orgânico na profundidade 0-5 cm, no tratamento UFC 13,03 g.Kg⁻¹. Por sua vez, maiores teores de carbono orgânico na profundidade 5-10 cm foram observados nos tratamentos UFSQ 9,43 g.Kg⁻¹. Maiores teores de N na profundidade de 0-5 cm foram observados no tratamento UFC 2,2 g.Kg⁻¹. Por outro lado, na profundidade 5-10 cm maiores teores de N foram observados no tratamento UFSQ 1,5 g.Kg⁻¹. A área de Capoeira UFRA apresentou os maiores de C e N orgânico por conta do maior aporte de serapilheira e diversidade das espécies.

Resultados parecidos foram encontrados por Pereira et al., (2012) estudando o Estoque de carbono do solo em sistema agroflorestal sequencial no nordeste paraense. Os maiores teores de carbono orgânico na profundidade 0-5 cm foram no tratamento UFC 13,03 g.Kg⁻¹ seguido por UFSQ 11,03 g.Kg⁻¹. Por sua vez, na profundidade 5-10 cm, os maiores teores de carbono orgânico na profundidade 5-10 cm foram observados nos tratamentos UFSQ 9,43 g.Kg⁻¹ e UFQ 8,72 g.Kg⁻¹ não havendo diferenças estatísticas significativas.

Os maiores teores de nitrogênio na cama 0-5 cm, foram obtidos nos sistemas T2 (CMSQT) e T3 (CMQ), e os menores foram encontrados nos sistemas T5 (UFSQT) e T6 (UFQ) (Ver Figura 3 a seguir). Esses resultados corroboram com os resultados encontrados por Feller (1995) e Freixo et al (2002). De forma geral, a concentração de carbono foi menor no T8 (SAF 1TP) na camada de 10-20 cm. O estoque de nitrogênio o sistema T2 (CMSQT) apresentou maiores valores, em detrimentos dos sistemas T4 (UFC), T5 (UFSQT) e T6 (UFQ), provavelmente tem relação com histórico dessas áreas. Em quase todos os sistemas o nitrogênio aumentou em profundidade.

Figura 3 - Teores de Nitrogênio



Fonte: Souza et al, 2012.

Figura 3: Teores de Nitrogênio (g.kg⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açú-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Corroborando com esse resultado foram encontrados por Vasconcelos (2010), teor nitrogênio teor de relação ao nitrogênio, maiores teores de N na profundidade de 0-5 cm foram observados no tratamento UFC valor de 2,2 g.Kg⁻¹. Por outro lado, na profundidade 5-10 cm

maiores teores de N foram observados no tratamento UFSQ 1,5 g.Kg⁻¹. A redução dos valores dos teores de N nos solos das áreas queimadas pode estar relacionado com o uso do fogo, haja visto que o N é o nutriente que se perde em maior quantidade para a atmosfera, via volatilização (95 a 98 %).

Sampaio (2008) encontrou em Latossolo Amarelo no nordeste do Pará, os teores de carbono total que variaram de 9,3 a 27,0 g.kg⁻¹ (sistema de trituração), 9,1 a 16,5 g kg⁻¹ (corte-e-queima) e 8,6 a 19,4 g kg⁻¹ (floresta sucessional) nas profundidades de 20-30 a 0-10 cm.

Estudos no município de Igarapé-Açu mostraram que a queima da capoeira provoca a perda de 96-98% do nitrogênio, demonstrando que grande parte é perdida por volatilização e uma pequena parte é perdida por lixiviação após a queima (SOMMER et al., 2004). Constatou-se que a concentração de N total nos diversos tratamentos diminuiu conforme o aumento da profundidade. Isso, pode ter ocorrido devido ao fato da deposição natural do material orgânico rico em nutrientes ocorrer em maior quantidade na superfície do solo (FREIXO et al., 2002).

3.2 Estoque de carbono

Entre os sistemas os que mais estocaram carbono foram os sistemas T6 (UFSQT), T5 (UFSQT) e o T2 (CMSQT), porém, estatisticamente não apresentaram diferença entre si. Os maiores valores de estoques carbono são encontrados nas camadas 10 a 20 cm, (Figura 4). Os valores de estoque de carbono aqui encontrados foram superiores aos observados por Dejardins et al., (1994), que obtiveram 19,2 Mg.ha⁻¹, em Latossolo podzólico sob floresta tropical na Amazônia, o que pode ser explicado pelo teor de argila mais silte daquele solo (27,4%), enquanto que o solo da presente pesquisa nessa área do sistema segundo Kato et al (1999) classificado com textura areno-argiloso.

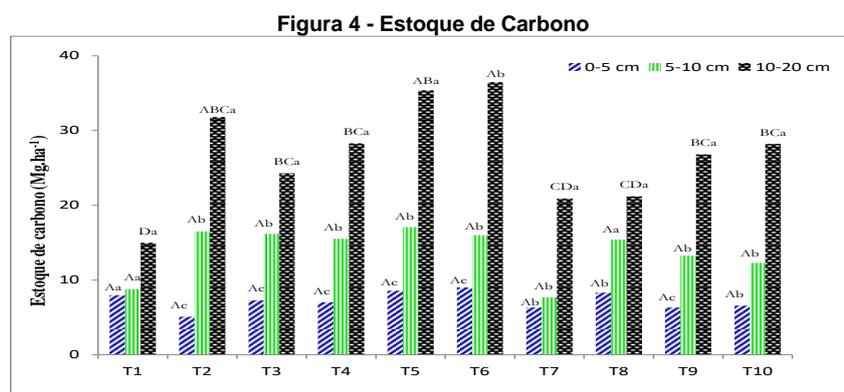


Figura 4: Estoque de carbono (Mg.ha⁻¹), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3= CMQ (Cumaru queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA. Letras maiúsculas comparam sistemas de uso e letras minúsculas comparam as profundidades. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Valores parecidos com os nossos também foram encontrados por Pereira et al., (2012) estudando Estoque de carbono do solo em sistema agroflorestal sequencial no nordeste paraense, o tratamento com trituração apresentou um estoque de carbono total do solo (0-100 cm) de 91,82 ± 4,36 Mg ha⁻¹, a queima de 84,98 ± 5,30 Mg ha⁻¹ e a capoeira de 99,78 ± 7,39 Mg ha⁻¹, porém essa diferença não foi significativa estatisticamente (P < 0,05) entre os tratamentos. Isso pode ter ocorrido devido a fatores agroclimáticos, a composição física natural do solo da área de estudo, ou ainda, o curto período de observação experimental pode não ter sido suficiente para avaliar os efeitos da matéria orgânica do solo.

De um modo geral, os estoques de carbono no solo entre os tratamentos estudados apresentou uma maior concentração nas camadas de 10-20 cm. Os sistemas T1 (CMC) estocou menos carbono, o que provavelmente se deve à textura arenosa do solo, que não favorece a retenção de carbono. O estoque de carbono do solo em florestas sucessionais na Amazônia Oriental está relacionado, na maioria dos estudos realizados na região, diretamente à sua textura, idade e tipo de solo.

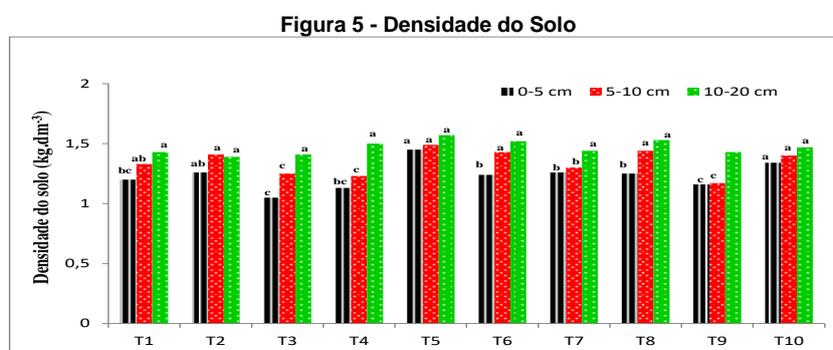
Segundo Kato et al, (2017), estudando Estoque de serapilheira e carbono no solo em sistemas de preparo de área com corte-e-queima e corte-e-trituração da vegetação secundária na Região Bragantina, Nordeste do Pará, observou que estoque de carbono no solo não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com e sem uso de queima, o que provavelmente se deve à textura arenosa do solo, que não favorece a retenção de carbono, ou à interferência da queima sobre os estoques de carbono.

Desta forma, o maior valor registrado ocorreu no tratamento que associou trituração e adubação ($2,264 \text{ kg m}^{-2}$). Os tratamentos com trituração apresentaram, considerando a média entre os sistemas com e sem adubação, um estoque de serapilheira 18 vezes maior que a massa de resíduos deixada após a queima. Isso demonstra a capacidade do sistema sem queima em disponibilizar carbono para o solo. Um monitoramento contínuo dos estoques de carbono é necessário para se avaliar o potencial dos sistemas com corte-e-trituração em armazenar carbono no solo.

Nos estudos de Brancher (2010) encontrou em solos de área de SAFs em Tome- Açú, em SAFs mais antigos ou com arranjo de espécies diferentes aparentemente são capazes de restaurar os estoques de carbono do solo. Por exemplo, o estoque de carbono do solo até 50 cm de profundidade em SAFs de 9 e 14 anos (média = $85,19 \pm 4,12 \text{ Mg ha}^{-1}$), com arranjos de espécies diferentes, não diferiu significativamente daquele medido em floresta sucessional de aproximadamente 30 anos (média = $97,89 \pm 2,3 \text{ Mg ha}^{-1}$).

3.3 Densidade do solo

Em todas as camadas estudadas, 0 a 5cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, os maiores valores de densidade foram encontrado no tratamento T5 (UFSQ) $1,45 \text{ Kg.dm}^{-3}$, $1,49 \text{ Kg.dm}^{-3}$ e $1,57 \text{ Kg.dm}^{-3}$, respectivamente (Figura 4), o que esta de acordo com os resultados encontrado por Pereira et al., (2012), estudando a Densidade do solo em sistema de preparo de área sem queima em Igarapé-Açu, Pará. O tratamento trituração apresentou um estoque de carbono total do solo (0-100 cm) de $91,82 \pm 4,36 \text{ Mg.ha}^{-1}$, a queima de $84,98 \pm 5,30 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e a capoeira de $99,78 \pm 7,39 \text{ Mg ha}^{-1}$. Os valores de densidade são maiores na área do solo maior do nas áreas onde tem capoeira e das foram queimadas. Nesse sistema onde houve trituração, esses valores mais elevados de densidade tem relação no preparo de área usando maquinas, provocando compactação das camadas. Nas áreas onde teve uso da queima esses valores também foram maiores que os demais sistemas, onde não sofreram o uso do fogo.



Fonte: Souza, 2012.

Figura 4: Densidade do solo (kg.dm^{-3}), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para os tratamentos T1= CC (Capoeira Cumaru); T2= CMSQT (Cumaru sem queima triturado); T3=

CMQ (Cumarú queima); T4= UFC (UFRA/FEIGA Capoeira); T5= UFSQT (UFRA/FEIGA sem queima triturado); T6= UFQ (UFRA/FEIGA queima); T7= SAF 1C (SAF 1 Capoeira); T8= SAF 1TP (SAF 1- trituração plantio); T9= SAF 2C (SAF 2- Capoeira) e T10= SAF 2QP (SAF 2- queima plantio), no município de Igarapé-Açu-PA. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Segundo Marcolan et al., (2009), observou que a densidade do solo e a resistência à penetração foram maiores no sistema de manejo com queima da capoeira, e menores na capoeira contínua, em relação ao sistema de manejo com trituração da capoeira. O decréscimo da matéria orgânica do solo no ambiente com queima ocasiona desagregação do solo, provocando a dispersão das partículas finas, ocasionando a obstrução dos poros e, conseqüentemente, o aumento da densidade do solo. A resistência à penetração se encontra estreitamente relacionada com a densidade do solo, sendo a resistência à penetração tanto maior quanto maior a densidade do solo.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho esta de acordo com Fageria et al. (1999) quando demonstrou que a densidade da camada superficial da maioria dos solos varia de 1 a 1,6 g cm⁻³, sendo que os solos com alto teor de MO geralmente têm densidade menor que 1 g.cm⁻³ de m. À medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola, as propriedades físicas sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para efeito de comparação entre os sistemas avaliados, o carbono foi mais relevante em relação ao nitrogênio.

Influência dos sistemas de uso no estoque de carbono, ou seja, o sistema de uso sem queima e com trituração, aliado a textura argilosa contribui para que o sistema mantenha carbono no solo. Isso contribui para que não haja perda de nutrientes no solo.

Os teores de carbono nos sistema sem queima e trituração apresentaram valores mais altos em superfície, em detrimentos dos sistemas com queima.

No presente trabalho constatou-se que quanto menor o teor de carbono, menor será a qualidade do solo, maior o risco de erosão e perda de nutrientes. Entretanto se deu a importância de criar um sistema que consiga elevar o teor de carbono desses solos, ou empregar um sistema de uso que não diminua os teores de carbono do solo.

5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, Edeilson Pereira Costa Aguiar. *A Importância da Matéria Orgânica do Solo*. 2011. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/a-importancia-da-materia-organica-do-solo/66938>. Acesso em: 12 mar 2019.

BAYER, C.; COSTA, F. de S.; MIELNICZUK, J.; ZANATTA J. A. *Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil*. R. Bras. Ci. Solo, 32:323-332, 2008

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J E.; PAVINATO A. *Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.7, p. 677-683, jul. 2004.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. *Características agroclimáticas do município de Igarapé-Açu*. In: EMBRAPA. *Seminário sobre manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da agricultura familiar da Amazônia Oriental*. Belém-PA. 2000.

BEBER, É. C. *Estoque de carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes usos agrícolas*. Universidade de Passo Fundo, 2011. (Tese). Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2011-2/%C9veli%20Costa%20Beber.pdf>. Acesso em: 10 Mar 2019.

BELZÁRIO, M.H. *Mudança no estoque de carbono devido ao uso da terra no sudoeste da Amazônia*. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

BRANCHER, T. *Estoque e ciclagem de carbono de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Amazônia Oriental*. (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA, Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém, 2010.

DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C. & MARIOTTI, A. *Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia*. *Agric. Ecosyst. Environ.*,103:365-373, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira*. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAGERIA, N. K. et al. *Maximização da produção das culturas*. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294 p.

FERREIRA, D. F. *Sisvar: a computer statistical analysis system*. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FELLER, C. & BEARE, M. H. *Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics*. *Geoderma*, 79:69-116, 1997.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A. & FADIGAS, F.S. *Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo*. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:425-434, 2002.

IDESP. *Diagnóstico do Município de Igarapé-Açu*. Belém. 1997. IDESP, CDI (Relatório de Pesquisa).

INFOPÉDIA. *Oligotróficos*. 2012. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/oligotr%C3%B3ficos>. Acesso em: 12 Set. 2011.

JACOMINE Paulo Klinger Tito. *A Nova Classificação Brasileira de Solos*. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma, Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2008-2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/19350/1/Jacomine.pdf>. Acesso em: 16 Mar 2019.

KATO, M.S.A.; KATO, O.R.; DENICH, M. & VLEK, P.L.G. *Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers*. *Field Crops Research*,.v.62 p.225-237, 1999.

KATO, O. R. *Fire-free Land Preparation as alternative to Slash-and-burn Agriculture in the Bragantina Region, eastern Amazon: Crop Performance and Nitrogen Dynamics*. (Doctor in Agricultural Sciences) - Faculty of Agricultural Sciences. Göttingen, 1998.

PAIVA, R. D. S. R. de , VASCONCELOS, S. S.; RODRIGUES, S. J. S. de C.; KATO O. R. *Estoque de serapilheira e carbono no solo após vários ciclos de queima ou trituração da vegetação secundária na Amazônia Oriental*. 21º Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental 20 a 22 de setembro de 2017 Belém – Pará Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164429/1/Anais-Pibic-2017-On-line-64.pdf>> Acesso em: 17 de mar 2019

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. *Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica*. R. Bras. Ci. Solo, 27:821-832, 2003.

MACHADO, P. L. O. A. *Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global*. Química Nova, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MARCOLAN, A.L. et al. *Densidade e Resistência à Penetração de um Latossolo pelo Corte e Trituração da Capoeira, Substituindo a Derruba e Queima, no Preparo da Área para Plantio Direto*. XXXII Congresso Brasileiro de ciência do solo. Resumos expandidos. CD-ROM, Fortaleza, 02 a 07 de agosto de 2009.

MOREIRA, A., MALAVOLTA, E. *Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental*. Pesquisa Agropecuária. Brasileira, Brasília, v. 39, n. 11, Nov, 2004.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BESAN, F.M.; LOVATO, T.; FERNÁNDEZ, F.F.; DEBARBA, L. *Manejo do solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo*. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.H.; (Ed). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, v. 3, p. 209-248.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. *Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification*. Disponível em: <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf>. Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 1633–1644, 2007 University of Melbourne. Acesso em: 15 Mar 2019.

RECCO, R. D.; AMARAL, E. F.; PINTO, E. M.; MELO, A. W. F. *Avaliação do nível de carbono orgânico em solos tropicais submetidos a plantio de sistemas agroflorestais em diferentes idades na Amazônia ocidental*. In: III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. Anais. Manaus, AM. 2000.

RESENDE, M. *Matéria orgânica e seus componentes*. In: Pedologia: base para distinção de ambientes. Neput. Viçosa. p.79 – 85, 1995.

PEREIRA, M.E.M., VASCONCELOS, S.S.; Silva, A K L; Souza, C. M. de A. *Estoque de carbono do solo em sistema agroflorestal sequencial no Nordeste Paraense*. In: IV Encontro Amazônico de Agrárias, 2012, Belém. Anais do IV ENAAG. Belém : Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012.

SAMPAIO, I. C. G. *Biogeoquímica do carbono em solos de parcelas sob trituração, sob queima e sob capoeira*. (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará. Belém, 2008.

SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A. & PAUSTIAN, K. *Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils*. Plant Soil, 241:155–176, 2002.

SOMMER, R. et al. *Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the eastern Amazon: evidence for subsoil nutrient accumulation*. *Nutrient Cycle in Agroecosystem*, v.68, n.3, p.257-271, 2004.

VASCONCELOS, Josemar Moreira. *Indicadores químicos e biológicos de solos submetidos ao sistema de preparo de área usando a queima e a trituração da vegetação no nordeste paraense*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Amazônia. Belém, 2010.