

# Caracterização química e textural de solos sob diferentes manejos em área de assentamento da reforma agrária no Sudeste Paraense, Brasil

## Chemical and textural characterization of soils in different managements in a settlement area of land reform in south eastern Pará, Brazil

Anastacia Pavão Oliveira, Aliane Medeiros Carvalho, Elder Felipe Silva Ronchetti, Lara Lima Seccadio e Linnajara de Vasconcelos Martins Ferreira\*

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Para (IFPA) - Campus Rural Marabá, Marabá, Pará, Brasil  
(\*E-mail:linnajara.ferreira@ifpa.edu.br)

<https://doi.org/10.19084/rca.24009>  
Recebido/received: 2021.03.22  
Aceite/accepted: 2021.04.21

### RESUMO

A mesorregião Sudeste do Pará possui um número considerável de assentamentos rurais que cultivam *Manihot esculenta* Crantz, sendo necessário investigar acerca dos sistemas de cultivos para sinalizar estratégias que possam potencializar a produção. Objetivou-se avaliar as características químicas e texturais de solo em cinco ambientes distintas no Projeto de Assentamento 26 de Março, Marabá-PA, Brasil. Foi realizada a coleta de amostra composta de solo na profundidade de 0-20 cm de três áreas de cultivo de mandioca, uma de floresta e outra degradada. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizado com quatro repetições e cinco tratamentos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e a análise de componentes principais utilizando o software R livre. A textura nas áreas estudadas é de predominância arenosa. São constatados teores de fósforo baixo para todos, inclusive teores de magnésio abaixo do ideal para as áreas do pequeno e médio agricultores. O teor de potássio é alto e não apresenta diferenças nas áreas estudadas entre os produtores. Os indicadores de acidez do solo demonstram serem os principais fatores limitantes nas áreas de estudo para melhor desempenho no rendimento da cultura.

**Palavras-chave:** Assentamento 26 de Março, Agricultura familiar, *Manihot esculenta*, solo.

### ABSTRACT

The southeastern mesoregion of Pará has a considerable number of rural settlements which cultivate *Manihot esculenta* Crantz, being necessary to investigate about cropping systems to signal strategies that may potentialize the production. This study aimed at evaluating the chemical and textural soil characteristics in five different environments in the 26 de Março Settlement Project, Marabá, Pará, Brazil. It was performed the collection of a sample composed of soil at a depth of 0-20 cm from three areas of cassava cultivation, one from forest area and other from degraded area. The experimental design used was randomized blocks with four replications and five treatments. Data obtained were subjected to analysis of variance and the means were compared by Tukey's test at the level of 5% probability, and the analysis of main components, by using the free R software. The texture in the studied areas is predominantly sandy. Low phosphorus levels were found for all, including less than ideal magnesium levels for small and medium-sized farmers areas. The potassium content is high and there are no differences in the studied areas for producers. The indicators of soil acidity prove to be the main limiting factors in the study areas for better performance in crop yield.

**Keywords:** 26 de Março Settlement, Family farming, *Manihot esculenta*, soil.

## INTRODUÇÃO

A agricultura de base familiar é significativa na mesorregião Sudeste do Pará. Esse território é composto por 515 assentamentos, em uma área de 461.071 hectares. (INCRA, 2018a,b). Brandão Jr. e Souza Jr. (2006) colocam que alguns projetos de assentamentos foram estabelecidos em território amazônico em áreas que já haviam passado por processos de desflorestamento. A relevância da agricultura familiar e a sua diversificação de sistemas produtivos se tornam imprescindível na discussão sobre o uso e a conservação do solo.

Os solos do estado são caracterizados predominantemente por Latossolos e Argissolos, correspondendo a 81,48% de toda extensão territorial. Esses tipos de solos apresentam boas condições físicas como textura, estrutura e porosidade, mas quanto as condições químicas apresentam baixa fertilidade, por serem muito intemperizados (Gama *et al.*, 2020).

A cultura da mandioca é encontrada nos sistemas de cultivos de agricultores familiares no estado do Pará (Claudino, 2020; Santos e Claudino, 2020). A capacidade de se desenvolver e produzir relativamente bem em solos de baixa fertilidade, talvez seja a principal característica dessa cultura. Segundo Mattos e Cardoso (2003), dois aspectos devem ser considerados na conservação do solo em mandioca: ela protege pouco o solo contra erosão, pois o crescimento inicial é muito lento e o espaçamento é amplo, fazendo com que demore a cobrir o solo para protegê-lo da degradação de sua estrutura pelas chuvas e enxurradas; e ela é esgotante do solo, pois quase tudo que produz (raízes, folhas e manivas) é exportado da área, para produção de farinha, alimentação humana e animal e como sementes para novos plantios, muito pouco retornando ao solo sob a forma de resíduos.

O Projeto de Assentamento (PA) 26 de Março localizado no município de Marabá, no Sudeste do Pará, tem contribuído para a produção de alimento, principalmente com cultivo da mandioca (*Manihot esculenta*) para fabricação de farinha, sendo umas das principais atividades agrícolas, agregando valor e movimentando a economia local da região (Castro e Watrin, 2013; Neves, 2013).

Estudos relacionados aos atributos do solo, afim de mapear as suas características para que o agricultor possa empregar tecnologias adequadas a cada tipo de solo e cultura, são importantes para evitar o uso inadequado, além de impulsionar rendimentos satisfatórios na produção de matéria-prima e subprodutos, norteados uma produção sustentável. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as características químicas e texturais do solo em sistema de cultivo de mandioca no Projeto de Assentamento 26 de Março.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Projeto de Assentamento 26 de Março, município de Marabá, mesorregião Sudeste do Pará em cinco áreas com manejos distintos: três sob cultivo de mandioca, floresta consolidada e uma área em estágio avançado de degradação. Segundo Hoffmann *et al.* (2018) o clima do município é classificado como tropical semiúmido (Aw) com temperatura média anual em torno dos 26 °C e índice pluviométrico elevado, próximo aos 2.200 mm anuais.

As análises foram realizadas no laboratório de solos do Instituto Federal do Pará (IFPA) e no laboratório agropecuário da Solocria em Goiânia, GO.

### *Caracterização dos Manejos*

Realizou-se aplicação de questionário para identificação dos agricultores que cultivam mandioca na área do Projeto de Assentamento 26 de Março no ano de 2018 bem como investigação do manejo adotado na área, e posterior classificação em grande, médio e pequeno agricultor, através dos dados obtidos sobre a produção média de farinha de mandioca, para seleção das áreas de coleta das amostras de solo.

O reconhecimento das áreas foi realizado por meio da caracterização de manejo, produção e coleta de amostras de solo (Quadro 1).

**Quadro 1 - Características do manejo e produção em áreas sob cultivo de mandioca e de referência no Projeto de Assentamento 26 de Março, Marabá-PA em 2019.**

<b>Grande agricultor</b>
Cultivo da variedade Amazonas apresentando uma área de 4,84 ha, tendo toda produção destinada à fabricação de farinha, com produtividade de 4.000 kg farinha ha <sup>-1</sup> , comercializado por meio de atravessadores. O sistema realizado é de sequeiro em consócio com <i>Zea mays</i> . A dinâmica de preparo das áreas ocorre através da prática do corte e queima e ausência de sistema de preparo de área mecanizado. Não adotam a calagem para correção da acidez do solo e não realizam adubações de fontes minerais e/ou orgânicas. Tempo de cultivo de três anos sendo anteriormente utilizada como capoeira. Espaçamento de 1 metro entre plantas. Colheita após 12 meses do plantio.
<b>Médio agricultor</b>
Cultivo da variedade Amazonas apresentando uma área de 2,42 ha, tendo toda produção destinada à fabricação de farinha, com produtividade de 3.000 kg farinha ha <sup>-1</sup> , comercializado por meio de atravessadores. O sistema de cultivo da mandioca é em sequeiro realizado em consorciação com <i>Zea mays</i> e <i>Euterpe oleracea</i> . A dinâmica de preparo das áreas ocorre através da prática do corte e queima e ausência de sistema de preparo de área mecanizado. Não adotam a calagem para correção da acidez do solo e não realizam adubações de fontes minerais e/ou orgânicas. Tempo de cultivo de dois anos sendo anteriormente utilizada como capoeira. Espaçamento de 1 metro entre plantas. Colheita após 12 meses do plantio.
<b>Pequeno agricultor</b>
Cultivo da variedade Amazonas apresentando uma área de 1,81 ha, tendo toda produção destinada à fabricação de farinha, com produtividade de 2.400 kg farinha ha <sup>-1</sup> , comercializado por meio de atravessadores. Adota o sistema de cultivo em sequeiro e monocultivo. A dinâmica de preparo das áreas ocorre através da prática do corte e queima e ausência de sistema de preparo de área mecanizado. Não adotam a calagem para correção da acidez do solo e não realizam adubações de fontes minerais e/ou orgânicas. Presença da variedade Amazonas. Tempo de cultivo de 10 anos sendo anteriormente utilizada como capoeira. Espaçamento de 1 metro entre plantas. Colheita após 12 meses do plantio.
<b>Área degradada</b>
Área de exploração de cascalho nos anos de 2013 e 2014. Perda do total do horizonte A e B com exposição do horizonte C e floração do rocha matriz. Solo sem vegetação e com presença de erosão em níveis de erosões laminares e sulcos.
<b>Área de floresta</b>
Área anteriormente utilizada com pastagem. Desde 1980 encontra-se em processo de regeneração natural. O Manejo Florestal ocorreu com enriquecimento da área com mudas de cupuaçu ( <i>Theobroma grandiflorum</i> ), seringueira ( <i>Hevea brasiliensis</i> ) e Castanha do Pará ( <i>Bertholletia excelsa</i> ) estando em fase de floresta consolidada.

### **Coleta dos solos, análises químicas e de textura**

A coleta do solo foi realizada em 2019 de acordo com Brasil *et al.* (2020) na camada de 0-20 cm para avaliação das seguintes características químicas: pH em H<sub>2</sub>O; teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup> trocáveis; P disponível; acidez potencial (H + Al); saturação por bases (V) e por alumínio (m); fósforo (P) remanescente (Prem) e matéria orgânica do solo (MOS) seguindo o método proposto pela EMBRAPA (Claessen *et al.*, 1997). A textura do solo foi caracterizada pela determinação dos teores de areia, silte e argila (Claessen *et al.*, 1997) e posterior classificação a partir do triângulo textural segundo EMBRAPA (Santos *et al.*, 1995).

### **Análises estatísticas**

Para a análise de solos foi realizado o delineamento experimental blocos casualizados com quatro repetições e cinco tratamentos. Todas as análises

foram realizadas em duplicatas, com um total de vinte observações (n=20). Os tratamentos foram constituídos pelas áreas descritas no Quadro 1. A comparação dos dados experimentais foi realizada por Análise de Variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. O *software* utilizado para todas as análises foi o R livre versão 3.5.2.3, e os resultados foram apresentados como média ± desvio-padrão.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Análise textural e química do solo**

Nas distintas áreas analisadas, observou-se proeminência de solos de textura arenosa (Quadro 2) com maior de areia na área do pequeno agricultor. Solos de textura média arenosa são favoráveis ao desenvolvimento da cultura, pois possibilitam fácil crescimento das raízes, boa drenagem e facilidade o crescimento e desenvolvimento das raízes

**Quadro 2** - Média dos teores de areia, silte e argila e classificação textural em diferentes sistemas de manejos sob cultivo de mandioca no Projeto de Assentamento 26 de Março, Marabá-PA.

Sistema de manejo	Areia	Silte	Argila	Classificação Textural
	g.Kg <sup>-1</sup>			
Pequeno	870,0±25,8a	40,0±8,2c	90,0±18,3c	Areia franca
Médio	582,5±59,1c	85,0±12,9a	332,5±41,7a	Franca
Grande	645,0±35,1c	75,0±5,8ba	280,0±29,4a	Franco-argilo-arenosa
Degradada	665,0±68,6cb	70,0±14,1ba	265,0±54,5a	Franco-argilo-arenosa
Floresta	757,5040,3b	55,0±10,0cb	187,5±31,0b	Franco-arenosa
CV (%)	6,15	15,89	14,50	-

Médias grafadas com letras iguais não diferenciam no teste Tukey a 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

tuberosas e viabilizando o processo de colheita das mesmas (Fukuda e Otsubo, 2002; Mattos e Cardoso, 2003). Na região Sudeste Paraense o cultivo de mandioca também é evidenciado em solo de textura argilosa como relatado por Lopes *et al.* (2017) em área de Assentamento no município de São João do Araguaia.

A granulometria varia pouco ao longo do tempo, possivelmente a variação só acontece quando ocorre mudança na composição do solo em função dos processos de intemperismo que ocorrem numa escala de séculos a milênios. Desta forma a textura do solo possui baixa interferência com o manejo adotado.

As características químicas analisadas apresentaram diferenças estatísticas nos cinco sistemas de manejo estudados (Quadro 3). O pH apresenta-se ácido, variando de 3,87 a 5,27 para as áreas de médio e pequeno Agricultores, respectivamente.

A acidez do solo está intimamente relacionada com as formas de manejo e a influência do intemperismo. Desta forma, os baixos valores de pH no presente trabalho se deve as características dos solos da região, que de modo geral são intemperizados e altamente lixiviados (Schubart *et al.*, 1984) podendo ter influência do sistema de manejo de uso, visto que os agricultores adotam a prática do corte e queima e não realizam a correção da acidez do solo (Quadro 1).

**Quadro 3** - Valores médios de pH e teores de fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), alumínio (Al<sup>3+</sup>), hidrogênio + alumínio (H + Al) e, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC) saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e matéria orgânica (MO) amostras de solos em diferentes sistemas de manejos no Projeto de Assentamento 26 de Março, Marabá-PA.

Características químicas	Pequeno	Médio	Grande	Degradada	Floresta	CV%
pH em CaCl <sub>2</sub>	5,27±0,33a	3,87±0,12d	4,37±0,024cb	4,05±0,13dc	4,77±0,22b	4,84
Ca cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	2,25±0,90a	0,72±0,10b	1,62±0,54ba	0,27±0,10b	1,75±0,97ba	50,48
Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,02±0,05c	1,20±0,27 <sup>a</sup>	0,57±0,39cb	1,07±0,10ba	0,20±0,22c	39,86
H+Al cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	1,80±0,22b	6,02±1,26 <sup>a</sup>	3,40 ±0,93b	2,87±0,22b	2,67±0,44b	24,13
M (%)	0,97±1,94c	49,41±6,79a	17,77±11,65b	69,31±8,88a	10,88±14,70b	33,94
Mg cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,35±0,06cb	0,25±0,06c	0,62±0,19ba	0,15±0,06c	0,725±0,24a	32,02
K mg.dm <sup>-3</sup>	62,75±0,80ba	92,37±0,80ba	200,77±0,19a	22,95±0,03c	44,92±0,06cb	23,96
P (Melich) mg dm <sup>-3</sup>	6,00±2,34ba	5,17±0,91ba	7,80±4,54a	1,80±0,24b	1,50±0,24b	50,10
SB cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	2,76±0,93a	1,21±0,10a	2,76±0,80a	0,48±0,16b	2,59±1,25a	40,95
V(%)	59,32±10,16a	17,20±4,07b	45,01±12,07a	14,31±4,56b	46,87±14,26a	28,22
CTC	4,56±0,75bc	7,23±1,17a	6,16±0,72ba	3,35±0,24c	5,26±1,31cba	17,53
MO g.dm <sup>-3</sup>	16,50±1,29b	18,00±1,41ba	17,75±1,26ba	6,25±2,63c	22,25±3,59a	14,55

Médias grafadas com letras iguais não diferenciam no teste Tukey a 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

Para a cultura da mandioca, a faixa de pH ideal situa-se entre 5 e 6 (Mattos e Cardoso, 2003). Com isso, as áreas analisadas encontram-se em condições abaixo da faixa de pH ótimo para o desenvolvimento da cultura com exceção do pequeno agricultor, no qual obteve a maior média estatisticamente superior para a referida característica.

O pH do solo influencia diretamente na disponibilidade de nutrientes, como observado no presente estudo para os teores de cálcio, em que os menores teores foram encontrados áreas do médio agricultor e área degradada, e se obteve as menores faixas de pH. Nas demais áreas os teores são considerados altos segundo a classe de interpretação de análise do solo para o estado do Pará (Brasil *et al.*, 2020).

A deficiência de cálcio no cultivo da mandioca pode provocar redução do seu crescimento, deformação e queimas dos ápices foliares, influenciando também a formação das raízes (Mattos e Cardoso, 2003). O suprimento de cálcio pode ser realizado por meio da aplicação de calcário. No mercado temos três tipos de calcário o dolomítico, calcítico e magnésiano nos quais diferenciam de acordo com os teores de cálcio e magnésio (Primavesi & Primavesi, 2004). Segundo Cravo *et al.* (2020) deve-se dar preferência por calcário dolomítico, especialmente para solos com teor de Mg menor que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  como obtido para os presentes solos estudados, com exceção da área do grande agricultor.

Segundo Gama *et al.* (2020) nos solos do Pará o  $\text{Al}^{3+}$  é o principal elemento responsável pela toxicidade dos solos. Nas plantas a toxicidade de  $\text{Al}^{3+}$  causa redução da altura e do crescimento da raiz, bem como influencia na disponibilidade de outros nutrientes (Rheinheimer *et al.*, 2003; Nolla *et al.*, 2007; Peleja *et al.*, 2020). Desta forma a toxicidade do  $\text{Al}^{3+}$  podem apresentar como fatores limitantes para maiores desenvolvimento e rendimento da cultura. No presente estudo a área do médio agricultor apresenta os maiores teores de  $\text{Al}^{3+}$ , m%, e H+Al, assemelhando-se a área degradada para Al e m% e superior para H+Al. Esse resultado já era esperado visto que as referida áreas apresentaram a menor faixa de pH. O cultivo de mandioca no estado do Pará em solos com elevados a médios teores de  $\text{Al}^{3+}$  é evidenciado por outros autores (Alves *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2018), o que confirma a baixa exigência e rusticidade que essa cultura apresenta.

Os menores teores de  $\text{Al}^{3+}$  foram verificados nas áreas do pequeno e grande agricultor assim como na área de floresta não havendo diferença entre elas. Este resultado pode está associado ao sistema de manejo adotado na área. É importante mencionar que no estado do Pará para os principais cultivos agrícolas é recomendável a calagem quando o solo apresenta teores de  $\text{Al}^{3+}$  maiores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e baixos teores de Ca e Mg (Cravo *et al.*, 2020). Dessa forma para obtenção de maiores rendimentos recomenda-se a neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  através da técnica da calagem nas áreas do médio e grande agricultor de mandioca assim como na área degradada como estratégia inicial de reabilitação da mesma.

Os teores de magnésio variaram de  $0,15$  a  $0,72 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  entre a área degradada e floresta, respectivamente. As áreas do pequeno e médio agricultores não diferiram da área degradada sendo considerados abaixo do ideal para cultura, já os solos da área de floresta e do grande agricultor são caracterizados como médio (Brasil *et al.*, 2020). O teor mais elevado na área de produção grande agricultor pode estar relacionados ao tempo de cultivo (Quadro 1) e ao sistema de manejo, pois a mandioca nessa área é plantada em consórcio com o milho, favorecendo o efeito nutricional residuais da palhada. Como verificado por Calonego *et al.* (2012) ao avaliarem a liberação de Mg da palha de três espécies vegetais constataram que o labe-labe e o milho foram as que mais disponibilizaram Mg para o solo em todas as épocas de avaliação, com liberação acumulada ao final de 135 dias. O acréscimo do cálcio ao solo também foi evidenciado em sistema de lavoura-pecuária pela deposição nutricional da palhada do milho (Santos *et al.*, 2014).

Dentre os nutrientes, o potássio é extraído em maior quantidade pela mandioca e sua disponibilidade para as plantas afeta a produtividade da cultura e a qualidade das ramas utilizadas no plantio (Otsubo *et al.*, 2007). O potássio promove a assimilação de  $\text{CO}_2$ , a síntese de amido e a translocação de carboidratos das folhas para os tubérculos e raízes tuberosas de culturas, onde os carboidratos são o material de armazenamento principal. Em consequência a este fato, promove o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade de tubérculos (Silva *et al.*, 2017).

Os resultados não mostram diferença dos teores de potássio entre as áreas de produção de mandioca e estas foram semelhantes às áreas de floresta. Segundo Cravo *et al.* (2020) os teores do potássio nas áreas do grande (200,77 mg.dm<sup>-3</sup>) e médio (93,73 mg.dm<sup>-3</sup>) agricultores apresentam disponibilidade muito alta e alta no pequeno agricultor (62,75 mg.dm<sup>-3</sup>). Elevados teores de potássio também foi verificado no assentamento Alegria no município de Marabá sob cultivo de mandioca com média de 49,00 mg dm<sup>-3</sup> (Mello *et al.*, 2016). Sabe-se que após 2 a 4 cultivos sucessivos na mesma área o potássio é esgotado. Logo, embora a resposta à adubação potássica seja baixa nos primeiros cultivos numa área, após vários cultivos ela torna-se evidente (Mattos e Cardoso, 2003).

No presente estudo concentrações baixas de potássio foram encontrados na área degradada e de florestas, não diferenciando estatisticamente, com teores médios de 45,9 e 89,84 mg.dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Teores ainda menores de potássio são relatados em áreas de florestas amazônica com 42,02 mg.dm<sup>-3</sup> (Magalhães *et al.*, 2013). Em áreas degradadas principalmente em solos arenosos no qual a CTC é naturalmente baixa, o potássio é rapidamente perdido por lixiviação além de ser um elemento bastante sensível a perdas, devido à interação eletrostática entre Ca, Mg e K (Swarowsky *et al.*, 2006).

Com base em Cravo *et al.* (2020), todas as áreas sob cultivos da mandioca apresentaram teores de P abaixo da condição favorável para o desenvolvimento da cultura em situações de solos com textura arenosos, não apresentando diferença entre as áreas sob cultivo de mandioca, que já era esperado visto que solos do Pará apresentam grande deficiência para este nutriente (Gama *et al.*, 2020). Sendo importante relata que a área do grande agricultor foi superior a área de Florestada este resultado pode estar relacionado ao sistema de manejo da área (Quadro 1).

A ordem de absorção de nutrientes para mandioca é a seguinte: K > N > Ca > P > Mg (Fukuda e Otsubo, 2002). Verifica-se que a mandioca apresenta baixa na extração do P, porém é uma cultura que utiliza como mecanismo absorptivo a associação com fungos micorrízicos (Heberle *et al.*, 2015). Estudos realizados em campo têm relatado porcentagem

de colonização micorrízica da mandioca variando de 31 a 85 % (Burns *et al.*, 2012) sendo altamente dependente das micorrizas arbusculares (Fukuda e Otsubo, 2002; Colozzi e Nogueira, 2007), uma vez que as plantas cultivadas apresentam um sistema radicular pouco desenvolvido em seus estágios iniciais (Colozzi e Nogueira, 2007). Assim, o manejo adotado pelos agricultores pelo o uso de corte e queima pode promover alteração na dinâmica da população destes fungos e comprometer o estabelecimento da simbiose e, conseqüentemente, redução do desempenho de produção de raízes, conforme coloca Redin (2011) que o uso da técnica de corte e queima acarreta em redução da vida microbiológica do solo.

Os menores teores da soma de bases trocáveis Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> foram encontrados na área degradada esse resultado pode ser atribuído a remoção do horizonte superficiais e a menor concentração de matéria orgânica dentre as áreas. Não se verificou diferença entre as áreas de produção e a área de floresta. Isto deve-se ao fato do processo de derruba e queima, a vegetação removida é deixada secar e então é queimada antes do início das chuvas, quando ocorre o plantio. O aumento de bases trocáveis é observado imediatamente após a queima em consequência do acúmulo de cinzas na superfície do solo (Rheinheimer *et al.*, 2003). Entretanto, esses efeitos tendem a desaparecer, em médio prazo, na lixiviação dos nutrientes pela ação de chuvas, o que resulta em concentrações que podem ser até inferiores às observadas em solos que não sofreram ação do fogo (Knicker, 2007).

Com exceção da área do pequeno agricultor todas as áreas apresentaram solos classificados distróficos (V < 50 %). No entanto, as áreas sob cultivo de mandioca apresentaram saturação por base que variaram entre 30-40%, que são favoráveis para o desenvolvimento da cultura da mandioca (Velooso *et al.*, 2020). Desta forma apenas área do médio agricultor encontra-se fora dessa faixa desejada, assemelhando a área degradada com valores de 17,20% e 14,31 %, respectivamente. Esses valores estão atribuídos ao baixo pH do solo e soma de base encontrados nessas duas áreas.

Os maiores valores de CTC foram encontrados nas áreas do médio, grande agricultores e área de floresta, essas mesmas áreas apresentaram

maiores médias para matéria orgânica (Quadro 2). A CTC do solo está intimamente ligada a matéria orgânica, dessa forma a dependência dos componentes orgânicos para a elevação do CTC fica evidente. Sendo que um dos métodos de elevar a CTC desses solos é a adição de compostos orgânicos e/ou praticando sistemas de cultivo que adicionem mais matéria orgânica, como plantio direto e os sistemas de integração lavoura-pecuária e a lavoura-pecuária-floresta (Reetz, 2017).

Sabe-se que a matéria orgânica é uma das principais fontes de nitrogênio, sendo este o segundo nutriente mais exigido pela cultura da mandioca. Em relação ao teor de matéria orgânica, as áreas sob cultivo de mandioca foram consideradas médias de acordo com Tomé Jr. (1997) não havendo diferença entre elas. Observou-se que a área do pequeno que cultivava em sistema de monocultivo apresentou matéria orgânica inferior à da área de Floresta, mas superior a área degradada. Esses resultados indicam que mesmo as áreas de cultivo realizando a prática de corte e queima os consórcios com outras culturas podem promover aumento no teor matéria orgânica.

A mandioca tem respondido pouco à aplicação de nitrogênio (N), mesmo em solos com baixos teores de matéria orgânica, talvez devido à presença de bactérias diazotróficas fixadoras de nitrogênio atmosférico de vida livre (Fukuda e Otsubo, 2002). Dessa forma, a prática do corte e queima pode comprometer a diversidade e eficiência das estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio nativas e, conseqüentemente, a nutrição por parte desse macronutriente a cultura da mandioca. A introdução de leguminosas nódulíferas como adubo verde ou em consórcio pode ser uma alternativa de baixo custo a ser adotado pelos agricultores, pois podem promover principalmente o aporte de nutriente reciclado, agregação do solo e incorporação da matéria orgânica (Fialho e Vieira, 2011) como também seleção natural de estirpes eficientes em fixar o nitrogênio atmosférico.

#### *Análise de Componentes Principais*

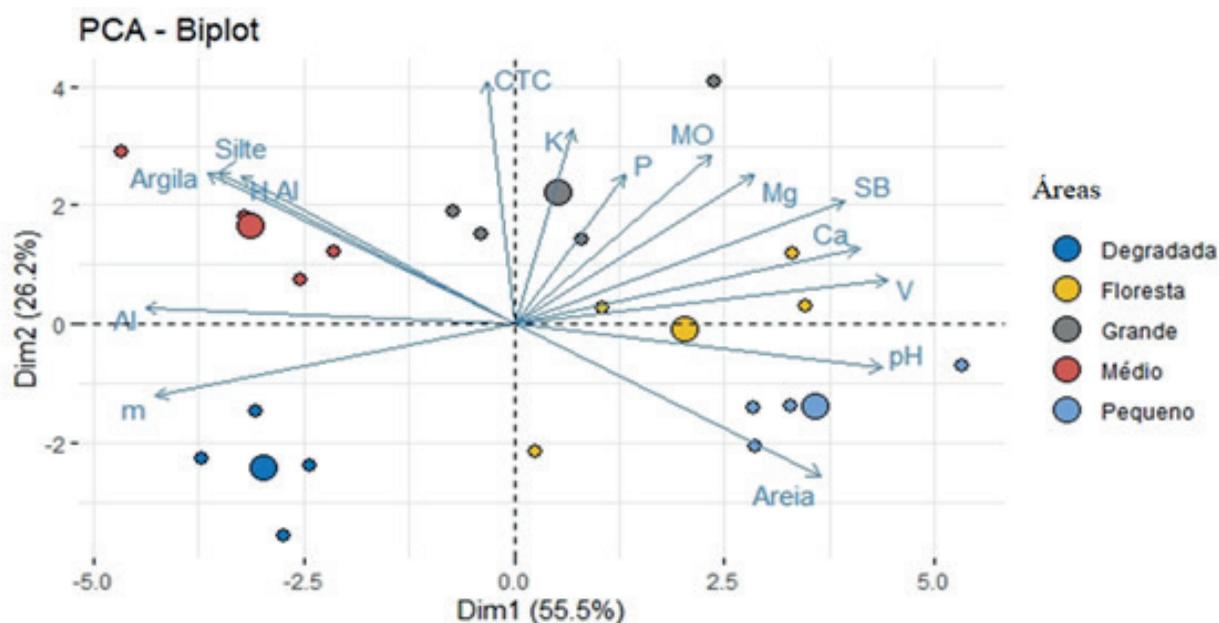
As análises de solos estão representadas na Figura 1 como vetores. Cada abscissa e ordenada de um vetor é, respectivamente, a correlação linear entre uma análise e os componentes principais. Assim,

as variáveis V, pH, Ca, SB e Areia apresentaram uma correlação positiva com o primeiro componente principal (55,5% da variação total), enquanto H+Al, Silte, Argila, Al e m% apresentaram uma correlação negativa com o primeiro componente principal. Já as variáveis K e CTC apresentaram correlação positiva com o segundo componente principal (26,2% da variação total). Estas variáveis explicam a maior porcentagem de variação e são as que mais contribuem para alterar as características do solo, com exceção da granulométrica, em função do uso e manejo dos solos estudados.

As variáveis que apresentaram cargas fatoriais abaixo desses valores são aquelas que retêm pequena parte da variação total, o que demonstra que as demais variáveis não citadas contribuem em menor proporção para discriminar os ambientes estudados (Pragana *et al.*, 2012). Desta forma, as variáveis indicadoras da acidez do solo (pH, m%, Ca, H+Al, Al) acrescida da saturação por base do médio agricultor podem representar como um dos fatores mais limitantes no desenvolvimento da cultura nos solos estudados.

Os agricultores foram discriminados ao longo do primeiro componente apresentando os agricultores pequeno e grande e a área de floresta correlacionados positivamente e os agricultores de porte médios e de área degradada correlacionados negativamente. Quando se compara a floresta como um ambiente em equilíbrio com as demais áreas, nota-se que o ambiente dos pequeno e grande agricultores se encontram com as características mais próximas das ideais. Este comportamento pode indicar que os cultivos nessas áreas até o momento não causaram grandes alterações na composição química do solo. Assim, os solos das áreas do pequeno e grande agricultores apresentam características químicas próximas ao solo de uma floresta estabelecida. Por outro lado, o ambiente do médio agricultor de mandioca está mais próximo da área degradada, do que as demais áreas, possivelmente por apresentarem os menores valores de pH, saturação por base e alumínio.

Em relação ao segundo componente, as áreas do médio e grande produtor de mandioca apresentaram correlação positiva, esse comportamento já era esperado visto que os sistemas de manejo da área do médio e o grande são realizados em consórcio



**Figura 1** - Biplot da análise de componentes principais das características de textura e química das áreas manejadas por pequenos, médios e grandes agricultores e área sob floresta e degradada no Projeto de Assentamento 26 de Março, Marabá-PA.

proporcionando melhores condições para o desenvolvimento da cultura. Por outro lado, a área do pequeno e a área degradada se correlacionaram negativamente com o segundo componente principal, fato que pode ser atribuído aos menores teores de potássio e CTC que esses ambientes apresentam.

## CONCLUSÕES

Os resultados de textura e fertilidade são importantes para agricultores, estudantes e técnicos desenvolverem estratégias de manejo e conservação

dos solos nos diferentes sistemas produtivos. A característica de textura nas áreas estudadas é de predominância arenosa. Também são constatados teores de fósforo baixo para todos, inclusive teores de magnésio abaixo do ideal para as áreas dos pequeno e médio agricultores. O teor de potássio é alto e não apresentou diferenças nas áreas estudadas entre os agricultores. Os indicadores de acidez do solo demonstram serem os principais fatores limitantes nas áreas de estudo para rendimento da mandioca. As áreas que realizam sistema em consórcio são as que mais se aproximam da área Floresta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, M.H.D.; dos Santos Silva, K.W.; Correa, J.S.; Texeira, O.M. & de Sousa Junior, P.M. (2018) - Levantamento Comparativo de Propriedades Químicas do Solo com Diferentes Culturas em Santa Isabel do Pará. *Cadernos de Agroecologia*, vol. 13, n. 2, p. 12–29.
- Brasil, E.C.; Cravo, M.S. & Veloso, A.C. (2020) - Amostragem de solo. In: Brasil, E.C.; Cravo, M.S. & Viégas, I.J.M. (Eds.) - *Recomendações de adubação e calagem para o Estado Pará*. Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental, p. 47–54.
- Brandão Júnior, A. & Souza Júnior, C. (2006) - *Deforestation in land reform settlements in the Amazon*. State of the Amazon, Belém, n. 7, p. 1-4.

- Burns, A.E.; Gleadow, R.M.; Zacarias, A.M.; Cuambe, C.E.; Miller, R.E. & Cavagnaro, T.R. (2012) - Variations in the chemical composition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves and roots as affected by genotypic and environmental variation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 60, n. 19, p. 4946–4956. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf2047288>
- Calonego, J.C.; Gil, F.C.; Rocco, V.F. & dos Santos, E.A. (2012) - Persistence and nutrient release from maize, brachiaria and lablab straw. *Bioscience Journal*, vol. 28, n. 5, p. 770–781.
- Castro, A.R. & Watrin, O. (2012) - Análise espacial de áreas com restrição legal de uso do solo em projeto de assentamento no sudeste paraense. *Geografia Ensino & Pesquisa*, vol. 17, n. 2, p. 157–166. <https://doi.org/10.5902/2236499410779>
- Claudino, L.S.D. (2020) - A divisão social do trabalho familiar nas atividades de produção de farinha de mandioca na comunidade Santa Ana, nordeste paraense, Amazônia brasileira. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, vol. 2020, n. marzo.
- Colozzi, A. & Nogueira, M.A. (2007) - Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar. In: Silveira, A.P. & Freitas, S.S. (Eds.) - *Microbiota do solo e qualidade ambiental*. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 38–56.
- Cravo, M.; Sousa, B.D.L.; Cardoso, E.M.R. & Botelho, S.M. (2020) - Mandioca. In: Brasil, E.C.; Cravo, M.S. & Viégas, I.J.M. (Eds.) - *Recomendações de adubação e calagem para o Estado Pará*. Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental, p. 251–254.
- Claessen, M.E.; Barreto, W.O.; Paula, J.L. & Duarte, M.N. (1997) - *Manual de métodos de análise de solo*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. EMBRAPA, 2012 p.
- Fialho, J.D.E.F. & Vieira, E.A. (2011) - *Mandioca no cerrado: orientações técnicas*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 201 p.
- Fukuda, C. & Otsubo, A.A. (2002) - *Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil*. 2. ed. Cruz das Almas. BA: EMBRAPA, 116 p.
- Gama, J.R.N.F.; Valet, M.A.; Oliveira Júnior, R.C.O.; Cravo, M.S.; Carvalho, E.J.M. & Rodrigues, T.E. (2020) - Solos do Estado do Pará. In: Brasil, E.C.; Cravo, M.S. & Viégas, I.J.M. (Eds.) - *Recomendações de adubação e calagem para o Estado Pará*. (2ª. Ed). Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental, p. 25–46.
- Heberle, E.D.S.; Armas, R.D.D.; Heberle, D.A.; Stürmer, S.L.; Peruch, L.A.M.; Lovato, P.E. & Soares, C.R.F.S. (2015) - Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares por PCR-DGGE na cultura da mandioca, após cultivo de plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 39, n. 5, p. 1292–1301. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140216>
- Hoffmann, E.L.; Dallacort, R.; Carvalho, M.A.C.; Yamashita, O.M. & Barbieri, J.D. (2018) - Variabilidade das chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 11, n. 4, p. 1251–1263. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.4.p1251-1263>
- INCRA (2019a) - *Famílias Assentadas*. Instituto de Colonização e Reforma Agrária. [cit. 2018-02-28]. <http://antigo.incra.gov.br/pt/numeros-reforma-agraria>
- INCRA (2019b) - *Área Incorporada ao Programa de Reforma Agrária – histórico*. Instituto de Colonização e Reforma Agrária [cit. 2018-02-28]. <http://antigo.incra.gov.br/pt/numeros-reforma-agraria>
- Knicker, H. (2007) - How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. *Biogeochemistry*, vol. 85, p. 91–118. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9104-4>
- Lopes, S.A.; Gomes, S.S.; Franco, A.D.J.; De Mello, A.H. & De Oliveira, G.F. (2017) - Caracterização Morfológica De Perfis De Solo De Um Estabelecimento Agrícola Familiar Do Assentamento Pimenteira, São João Do Araguaia-Pa. *Revista Agroecossistemas*, vol. 9, n. 1, p. 189. <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v9i1.4746>
- Magalhães, S.S.D.A.; Weber, O.L.D.S.; Santos, C.H.D. & Valadão, F.C.D.A. (2013) - Estoque de nutrientes sob diferentes sistemas de uso do solo de Colorado do oeste-RO. *Acta Amazonica*, vol. 43, n. 1, p. 63–72. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000100008>
- Mattos, P.L.P. de & Cardoso, E.M.R. (2003) - *Cultivo da mandioca para o Estado do Pará*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistemas de produção, 13)

- Mello, A.; Oliveira, G.; Sbruzzi, E.; Mumbach, G.L. & Bonfada, E. (2016) - Caracterização química, física e morfológica de solos sob diferentes sistemas de cultivo em assentamento da reforma agrária. *Enciclopédia Biosfera*, vol. 12, n. 23, p. 276-288. [https://doi.org/10.18677/Enciclopedia\\_Biosfera\\_2016\\_025](https://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_025)
- Neves, P.D.M. (2013) - Sistemas agroflorestais como fomento para a segurança alimentar e nutricional. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, vol. 8, n. 5, p. 199–207.
- Nolla, A.; Schlindwein, J.A. & Anghinoni, I. (2007) - Crescimento, morfologia radicular e liberação de compostos orgânicos por plântulas de soja em função da atividade de alumínio na solução do solo de campo natural. *Ciência Rural*, vol. 37, n. 1, p. 97–101. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000100016>
- Otsubo, A.A.; Sagrilo, E.; Lorenzi, J.O.; Galharini, L.G.; Otsubo, I.M.N.; Matos, J.S. Utida, D. & Fujinaka, J. (2007) - Avaliação de clones de mandioca visando o processamento industrial em Dourados, MS. *Raízes e Amidos Tropicais*, vol. 3, p. 1–4.
- Peleja, V.L.; Rego, A.K.C.; da Silva Júnior, M.L.; Furtado, A.C.S.; Felsemburgh, C.A. & Tribuzy, E.S. (2020) - Interferência do alumínio no crescimento radicular, absorção e acúmulo de fósforo em plantas de paricá. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, vol. 11, n. 1, p. 1–8. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0001>
- Pragana, R.B.; Ribeiro, M.R.; Nóbrega, J.C.A.; Ribeiro Filho, M.R. & Costa, J.A.D. (2012) - Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 36, n. 5, p. 1591-1600. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500023>
- Primavesi, C.C. & Primavesi, O. (2004) - *Características de corretivos agrícolas*. 1º ed. - São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste . EMBRAPA Documentos, 37, 28 p.
- Redin, M.; Santos, G.F.; Miguel, P.; Denega, G.L.; Lupatini, M.; Doneda, A. & Souza, E.L. (2011) - Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. *Ciência Florestal*, vol. 21, p. 381-392.
- Reetz, H.F. (2017) - *Fertilizantes e o seu uso eficiente*. 1º ed. São Paulo: Anda. 118 p.
- Rheinheimer, D.D.S.; Santos, J.C.P.; Fernandes, V.B.B.; Mafra, Á.L. & Almeida, J.A. (2003) - Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. *Ciência Rural*, vol. 33, n. 1, p. 49–55. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000100008>
- Santos, F.C.D.; Albuquerque Filho, M.R.D.; Vilela, L.; Ferreira, G.B.; Carvalho, M.D.C.S. & Viana, J.H.M. (2014) - Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 38, n. 6, p. 1855–1861. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600020>
- Santos, A. da C. dos & Claudino, L.S.D. (2020) - Agricultura e segurança alimentar em comunidades quilombolas na amazônia brasileira: o caso da produção de farinha de mandioca em Abaetetuba, Pará, Brasil. *Revista Humanidades e Inovação*, vol. 7, n. 16, p. 356-370.
- Santos, H.G.; Hochmuller, D.P.; Cavalcante, A.C.; Rêgo, R.S.; Ker, J.C.; Panoso, L.A. & Amaral, J.A.M. (1995) - *Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos*. 1ºEd. Brasília: EMBRAPA CNPS, 108 p.
- Schubart, H.O.; Franken, W. & Luizão, F.J. (1984) - Uma floresta sobre solos pobres. *Ciência Hoje*, vol. 2, n. 10, p. 26–31.
- Silva, K.W.S.; Correa, J.S.; Alves, M.H.D.; de Sousa Junior, P.M. & Texeira, O.M. (2018) - Estudo Comparativo das Propriedades Químicas em Lavouras de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e Cacau (*Theobroma cacao* L.) no Município de Rurópolis Pará. *Cadernos de Agroecologia*, vol. 13, n. 2, p. 1–10.
- Silva, D.C.O.; Alves, J.M.A.; Uchôa, S.C.P.; de Andrade Sousa, A.; Barreto, G.F. & da Silva, C.N. (2017) - Curvas de crescimento de plantas de mandioca submetidas a doses de potássio. *Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, vol. 60, n. 2, p. 158-165. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2468>
- Swarowsky, A.; Righes, A.A.; Marchezan, E.; Rhoden, A.C. & Gubiani, E.I. (2006) - Concentration of nutrients in soil solution under different managements of flooded rice. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 10, n. 2, p. 344–351. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000200014>
- Tomé Júnior, J.B. (1997) - *Manual para interpretação de análise de solo*. 1º ed. Guaíba: Agropecuária, 247 p.
- Veloso, A.C.; Botelho, S.M.; Rodrigues, J.E.L.F. & Silva, A.R. (2020) - Correção da acidez do solo. In: Brasil, E.C.; Cravo, M.S. & Viégas, I.J.M. (Eds.) - *Recomendações de adubação e calagem para o Estado Pará* - 2ed. Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental. p. 121–131.