

1

ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS EM SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA:

resultados de pesquisas

Lucielio Manoel da Silva

Adriana Pereira da Silva

Tatiana de Campos

Luís Claudio de Oliveira

Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez

Paulo Guilherme Salvador Wadt

Mariangela Hungria

O sistema de cultivo tradicional na Amazônia normalmente é praticado sem adubação química, aproveitando apenas o estoque natural de nutrientes do solo. Essa prática resulta no esgotamento da fertilidade do solo e no abandono das áreas após alguns anos de cultivo. Como consequência, ocorre o desmatamento de novas áreas de vegetação natural, para instalação de novos cultivos (COSTA et al., 2014). Entretanto, a pressão ambiental para diminuir o desmatamento na Amazônia tem conduzido à busca de práticas agrícolas que evitem a abertura de novas áreas (CRAVO et al., 2012); entre estas práticas, está o manejo adequado do solo.

A difusão de práticas agrícolas que contribuam para a conservação do solo e da água na Amazônia pode contribuir para reverter os processos

de degradação das terras associados à agricultura tradicional. Dentre essas práticas conservacionistas podem-se citar o sistema de plantio direto, a rotação de culturas e o uso de adubos verdes, por seus efeitos na melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo e pelos benefícios para a conservação da fertilidade (HUNGRIA et al., 2009; BABUJIA et al., 2010; BODDEY et al., 2010; GIL et al., 2011; FRANCHINI et al., 2012; SILVA et al., 2014). A adoção de técnicas de manejo do solo que resultem em redução dos processos erosivos, além de manter a fertilidade do solo por maiores períodos de tempo, também pode impactar positivamente na redução do desmatamento de novas áreas.

Deve-se considerar, ainda, que existem no solo diversas inter-relações entre os atributos químicos, físicos e biológicos que controlam os processos relacionados ao fornecimento natural e antrópico de nutrientes para o desenvolvimento das plantas cultivadas e que qualquer alteração no uso do solo reflete diretamente estrutura e atividade microbológica e, conseqüentemente, em sua fertilidade (KASCHUK et al., 2010). Deve-se destacar, também, que em uma análise de parâmetros microbiológicos nos ecossistemas brasileiros, os solos da Amazônia foram os mais sensíveis ao impacto pela introdução de atividades agropecuárias (KASCHUK et al., 2011). A avaliação do impacto dos sistemas de manejo e de uso do solo em seus atributos, particularmente microbiológicos é, portanto, de extrema importância para identificar agroecossistemas com maior sustentabilidade.

Matoso et al. (2012), em estudos que avaliam o teor de carbono (C) em diversos sistemas de manejo do solo na região Amazônica, verificaram que o sistema tradicional de cultivo acumulou mais C que os sistemas de cultivo mínimo e plantio direto na camada de 0-10 cm, fato atribuído ao acúmulo da massa vegetal durante o período de pousio do solo, depois incorporada na etapa de preparo do solo para o plantio. Já Cravo et al. (2012) ao avaliarem o efeito residual da calagem nos atributos químicos após quatro anos da aplicação em Latossolo Amarelo Distrófico na região Amazônica, verificaram que essa prática contribui para elevação do teor de cálcio $Ca^{+2}+Mg^{+2}$ e redução da saturação por alumínio, proporcionando maior produtividade das culturas. A aplicação de calcário pode influenciar

positivamente ou negativamente a comunidade microbiana do solo. Xue et al. (2010), em estudos com dose de calcário, constataram que doses até 3,2 g kg⁻¹ de solo podem favorecer a comunidade microbiana.

Diante do exposto, o objetivo desse capítulo é apresentar dados de pesquisas sobre a influência do preparo do solo e do manejo da fertilidade, em atributos químicos e na diversidade da comunidade bacteriana em um Argissolo Amarelo distrófico representativo de áreas de cultivo da mandioca (*Manihot sculenta* Crantz) no sudoeste da Amazônia.

DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO E AMOSTRAGEM DO SOLO

O experimento foi implantado em um Argissolo Amarelo distrófico em área de produtor rural, localizada no sudoeste da Amazônia, no município de Mâncio Lima, no Acre (7° 28' 39" S, 72° 56' 36" W).

O experimento foi estabelecido em 2006, com um delineamento em blocos ao acaso com três repetições, em arranjo de parcelas subdividas. As parcelas principais consistiram de dois sistemas de preparo do solo adequados ao nível tecnológico regional: 1) sistema tradicional (ST), com gradagem leve em uma única operação realizada no estabelecimento do experimento, com revolvimento do solo até a profundidade de 20 cm; e 2) sistema alternativo (SA), sem o revolvimento do solo, sendo realizada apenas capina manual da vegetação espontânea, evitando-se a remoção dos restos vegetais da superfície do solo.

Cada sistema de preparo do solo foi subdivido em cinco subparcelas e submetido a diferentes manejos de fertilidade (fertilizante mineral e adubação verde) e corretivo: i) testemunha (T); ii) mucuna preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy) como adubo verde (M); iii) mucuna preta com aplicação de fósforo (M+P); iv) mucuna preta com aplicação de calcário (M+CaCO₃); v) mucuna preta com aplicação de P e calcário (M+P+CaCO₃). As dimensões das parcelas foram de 50m x 40m e das subparcelas de 10m x 20m. No estabelecimento do ensaio, em 2006, nas subparcelas com presença de P foram aplicados 23 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando-se como fonte o superfosfato triplo. Nas parcelas com aplicação de calagem, aplicaram-se 3 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico, correspondente a 100% de PRNT. A aplicação, tanto do P

como do calcário foi realizada a lanço. Em seguida, realizou-se em dezembro de 2006 a semeadura da mucuna preta, também a lanço. Em maio de 2007, antes do plantio da mandioca, a mucuna preta foi triturada com rolo-faca tracionado por animal.

No período de 2007 a 2010, o manejo do experimento consistiu do plantio de mandioca em todas as parcelas. Em dezembro de 2007 foi realizada adubação potássica entre as linhas, com 72 kg ha^{-1} de K_2O , utilizando-se como fonte cloreto de potássio. A colheita da mandioca foi realizada em setembro de 2008, e o crescimento espontâneo da vegetação natural ocorreu desse período até agosto de 2009. A vegetação foi eliminada com roçadeira manual sem incorporar os restos vegetais e, em setembro de 2009, novo plantio de mandioca foi realizado, com colheita em setembro de 2010. Durante o cultivo da mandioca foram realizadas apenas capinas manuais, representando o sistema adotado pelos produtores da região. Os dados apresentados no presente trabalho consistem da análise de amostras de solo coletadas em setembro de 2010 na profundidade de 0-10cm, logo após a colheita da mandioca.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO

Inicialmente as amostras de solo foram secas a 45°C até massa constante e, a seguir, peneiradas em malha de 2 mm. Nessas amostras realizaram-se as análises de pH em água; Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, P e K disponíveis, carbono para estimar a matéria orgânica (M.O), N total, acidez potencial, conforme o manual de análises de solos da Embrapa (2011) e o teor de fósforo remanescente (ALVAREZ, 2000).

CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE BACTERIANA DO SOLO POR PCR-DGGE

A avaliação foi realizada pela metodologia de PCR-DGGE (*Denaturing Gradient Gel Electrophoresis*), consistindo da amplificação do DNA com oligonucleotídeos universais para o gene 16S rRNA de bactérias, seguida por eletroforese em géis de gradiente desnaturantes. As amostras de solo destinadas à avaliação da comunidade bacteriana do solo foram acondicionadas em freezer à temperatura de -20°C até o momento da análise.

A extração do DNA microbiano foi realizada com o “Ultraclean™ Soil DNA Kit” (MoBioLaboratories, Inc. Califórnia, EUA), conforme os procedimentos recomendados pelo fabricante. Alíquotas do DNA foram analisadas em gel de agarose a 1% (p/v) em 1X TBE para verificar a quantidade e pureza.

Para a amplificação do 16S rDNA da comunidade bacteriana do solo foram realizadas duas reações de PCR. A primeira reação utilizou o par de *primers* fd1 (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG 3') e rD1 (5'-AAGGAGGTGATCCAGCC-3') (WEISBURG et al., 1991), que amplifica praticamente toda a região do 16S rDNA, com cerca de 1.500 pares de bases (pb). A reação foi realizada nas condições descritas em Silva et al. (2013).

Para a segunda reação que amplifica uma região intragênica do 16S rDNA, com cerca de 600 pb, foi utilizado o par de *primers* F-968 (5'-CGCCCCGGGGCGCGCCCCGGGGCGGGGCGGGGGCACGGGGGGGAACGCG AAGAACCTTAC-3') (NUBEL et al., 1996), com um grampo GC sublinhado e L-1401 (5'- GCGTGTGTACAAGACCC- 3') (MUYZER et al., 1993). A reação foi realizada nas condições descritas em Silva et al. (2013).

Para a eletroforese foi confeccionado um gel de poliacrilamida a 6%, através da combinação de soluções de 100% (7 mol L⁻¹ ureia e 40% (v/v) formamida) e 0%, (sem ureia e sem formamida), formando-se um gradiente desnaturante de 35% a 65%. Foram aplicados ao gel 20 µL (aproximadamente 300ng do produto de PCR) do produto da segunda reação de PCR. A reação de eletroforese foi realizada em um aparato DCODE vertical (BioRad) com tampão TAE 0,5x, na voltagem de 100V e temperatura de 60°C por um período de 16h. Após a eletroforese o gel foi corado com brometo de etídeo e visualizado sob luz UV.

ANÁLISE ESTATÍSTICA E ÍNDICE DE DIVERSIDADE

Os valores para todas variáveis foram estimados por meio do procedimento RSPL (Pseudo Máxima Verossimilhança Residual / Normal). Foi utilizado o procedimento PROC GLIMMIX (SAS 9.2), sendo os efeitos fixos dados por manejo, tratamentos e interação manejo/tratamentos. Efeitos aleatórios foram definidos por blocos dentro de manejo. Médias para os efeitos fixos foram comparadas utilizando o procedimento LSMEANS,

ajustadas por Tukey (SAS 9.2).

Também foi utilizada a técnica multivariada, por meio da análise discriminante canônica para construir um modelo preditivo para agrupamentos baseados nos atributos químicos do solo, utilizando o programa SPSS 15.0.

Os géis de DGGE foram analisados pelo programa Bionumerics software (*Applied Mathematics*, Kortrijk, Belgium, v.4.6) e normalizados usando uma mistura padrão de bactérias, consistindo de adição, em proporções iguais, de *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Methylobacterium*, *Azorhizobium* e *Rhizobium*. Os perfis de DNA obtidos para cada tratamento foram considerados em uma matriz binária de presença ou ausência de bandas, que foi então submetida à análise da distância Euclidiana com o programa SPSS 15.0. A matriz binária também foi usada para estimar os Índices de diversidade Shannon (H) (SHANNON; WEAVER, 1949).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS

Na comparação dos efeitos dos sistemas de manejo referente ao preparo do solo não houve diferença estatística sobre os atributos químicos (Tabela 1). Dentro de cada sistema de preparo do solo foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos com e sem aplicação de calcário (Tabela 1). Aparentemente não houve efeito da aplicação de fosfato e nem da adubação verde nos atributos químicos dos solos, uma vez que os tratamentos que receberam adição de mucuna e a combinação mucuna para P não diferiram da testemunha.

A ausência de diferenças significativas entre o ST e o SA para os atributos químicos do solo, com destaque para os teores de M.O e N, provavelmente explica-se pelo clima tropical úmido da região (elevado índice pluviométrico e temperaturas elevadas durante todo o ano), que contribui para a rápida decomposição da biomassa vegetal. Além disso, a ausência da influência do preparo do solo nos atributos químicos dos solos possivelmente ocorreu pelo uso da grade leve no ST ter sido realizado apenas na implantação do experimento, quatro anos antes da coleta das amostras de solo usadas

no presente estudo. Trabalho anterior realizado no bioma amazônico aponta para diferenças significativas nos teores de M.O. e N entre os sistemas de plantio direto, cultivo mínimo e convencional, porém com maiores teores de M.O. e N sendo observados no sistema convencional (MATOSO et al., 2012).

Quanto ao efeito na adubação verde no aporte de M.O. dentro de cada sistema de manejo do solo, os resultados obtidos na presente pesquisa foram semelhantes aos encontrados por Longo et al. (2011), os quais observaram não haver diferença estatística no teor de M.O. com o uso da adubação verde com mucuna preta, mesmo quando combinado com a aplicação de calcário.

Com a aplicação de calcário houve aumento nos valores de pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} trocáveis e P remanescente e redução da acidez potencial e do teor de Al^{3+} trocável e P disponível. Resultados semelhantes foram obtidos por Cravo et al. (2012) que, ao avaliarem o efeito residual da calagem após quatro anos da aplicação do corretivo, em um Latossolo Amarelo distrófico da região Amazônica, cultivado com culturas anuais em sistema de sucessão, constataram a elevação do teor de $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$ e a diminuição da saturação por Al^{3+} . O efeito da neutralização e o incremento nos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} pela aplicação de calcário em solo Amazônico também foi verificado em outros trabalhos (PAVÃO et al., 2013; JÚNIOR et al., 2013; LONGO et al., 2011). Um dos objetivos da calagem é o suprimento de Ca^{2+} e Mg^{2+} e diminuição ou neutralização da acidez, benefícios já relatados na literatura em solos das diversas regiões do Brasil (CRAVO et al., 2012; MARCELO et al., 2012; ANJOS et al., 2011) e constatados também neste trabalho.

Quanto à disponibilidade do elemento P, houve diminuição com a aplicação do calcário, em ambos os sistemas, diferindo estatisticamente entre os tratamentos T, M, M+P dos tratamentos $\text{M}+\text{CaCO}_3$ e $\text{M}+\text{P}+\text{CaCO}_3$ (Tabela 1).

Tabela 1- Atributos químicos de um Argissolo Amarelo distrófico (0–10 cm) cultivado com mandioca e submetido a diferentes sistemas de preparo do solo e manejo da fertilidade

Característica	Unidade	T	M	M+P	M+CaCO ₃	M+P+CaCO ₃
Sistema Tradicional						
M.O	g kg ⁻¹	25,59aA	23,63aA	27,14aA	21,41aA	21,83aA
N	g kg ⁻¹	1,21aA	1,02aA	1,21aA	1,20aA	1,16aA
pH		5,15bA	5,02bA	5,18bA	5,65aA	5,91aA
P	mg kg ⁻¹	7,30aA	6,84aA	6,24aA	3,28bA	5,45bA
Prem ²	mg L ⁻¹	29,45bA	24,57bA	26,76bA	39,56aA	39,23aA
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,09aA	0,13aA	0,13aA	0,08aA	0,08aA
Mg ⁺²	cmol _c dm ⁻³	0,29bA	0,26bA	0,21bA	1,69aA	1,06aA
Ca ⁺²	cmol _c dm ⁻³	0,97bA	0,43bA	1,36bA	2,58baA	3,34aA
H+Al	cmol _c dm ⁻³	5,61aA	6,02aA	6,34aA	2,99bA	4,22bA
Al ⁺³	cmol _c dm ⁻³	1,26aA	1,68aA	1,38aA	0,24bA	0,22bA
Sistema Alternativo						
M.O	g kg ⁻¹	22,77aA	22,91aA	17,77aA	26,73aA	24,85aA
N	g kg ⁻¹	1,03aA	1,08aA	0,97aA	1,05aA	1,25aA
pH		5,03bA	4,89bA	5,11bA	5,92aA	6,21aA
P	mg kg ⁻¹	9,09aA	6,19aA	7,09aA	4,42bA	5,45bA
Prem ²	mg L ⁻¹	30,57bA	28,87bA	28,44bA	39,03aA	40,90aA
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,10aA	0,09aA	0,11aA	0,07aA	0,09aA
Mg ⁺²	cmol _c dm ⁻³	0,28bA	0,21bA	0,22bA	1,60aA	2,03aA
Ca ⁺²	cmol _c dm ⁻³	0,72bA	0,57bA	0,60bA	3,62aA	3,83aA
H+Al	cmol _c dm ⁻³	6,08aA	6,07aA	5,80aA	3,50bA	2,77bA
Al ⁺³	cmol _c dm ⁻³	1,55aA	1,91aA	1,42aA	0,16bA	0,05bA

Sistema de preparo do solo: ST- Sistema tradicional com uma gradagem leve antes do plantio; SA - Sistema alternativo sem revolvimento do solo. Manejos da fertilidade: Testemunha (T); Mucuna preta (M); Mucuna preta e P (M+P); Mucuna preta e calcário (M+CaCO₃); Mucuna preta, P e calcário (M+P+CaCO₃).

¹Valores seguidos por letras minúsculas iguais na mesma linha dentro de cada sistema de manejo do solo não diferem entre si (Tukey, p < 0,05). Letras maiúsculas distintas para o mesmo atributo, entre os sistemas de preparo do solo, indicam diferença estatística (Tukey, p < 0,05). ²P remanescente.

A menor disponibilidade de P nos sistemas de preparo do solo ST e SA em que foi adicionado calcário pode ser atribuída à reação de fixação de P no solo, provavelmente pelo processo de precipitação com o Ca²⁺, já que nesses tratamentos houve redução do Al³⁺ e elevação do pH e do teor

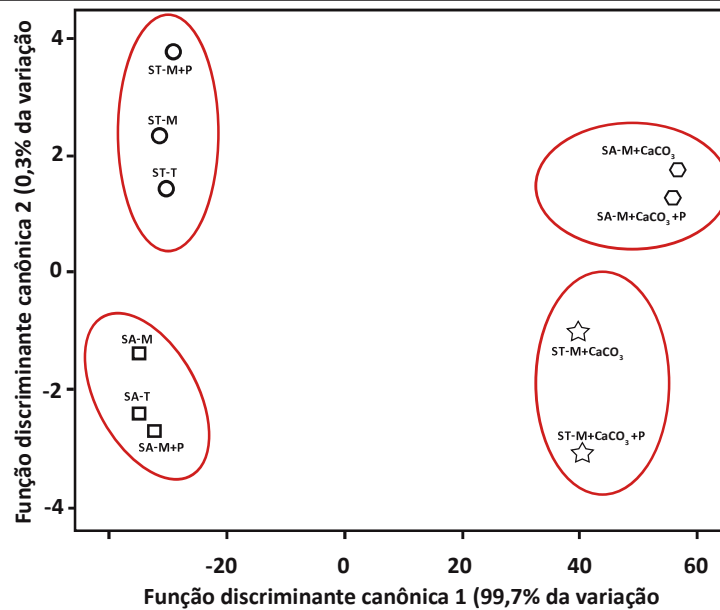
de cálcio. Dado que Costa et al. (2014), ao estudarem a produtividade da mandioca nessa mesma área experimental, observaram diferenças significativas apenas entre a testemunha e os demais tratamentos, não se pode atribuir a exportação de fósforo pela cultura a menor disponibilidade de P no solo, reforçando a possibilidade da calagem ter facilitado a fixação de P por reações de precipitação química.

Avaliando a proximidade entre os tratamentos por meio das características químicas do solo por meio de análise discriminante canônica, quatro grupos distintos foram identificados (Figura 1). Em cada sistema de preparo do solo, os tratamentos sem calagem (T, M e M+P) foram posicionados em um grupo, enquanto que os tratamentos com calagem ($M+CaCO_3$ e $M+CaCO_3+P$) ficaram em um segundo grupo (Figura 1), evidenciando o papel da calagem nos atributos químicos do solo.

A primeira função canônica representou 99,7% da variação e distinguiu os tratamentos com e sem calcário (Figura 1), nos quais as variações do C, do P remanescente e do pH apresentaram as maiores correlações com tratamentos em que foi aplicado calcário e os teores de P, N e K com os demais tratamentos em ambos sistemas de preparo do solo.

A segunda função canônica distinguiu os sistemas de preparo do solo (Figura 1), em que as variáveis N, C e pH foram as que se correlacionaram com os tratamentos T, M e M+P no ST e os tratamentos com calagem no sistema SA, enquanto que as variáveis P remanescente, K e P se correlacionaram aos tratamentos T, M e M+P no SA e com os tratamentos com calagem no ST. Embora a segunda função canônica separou os sistemas de preparo do solo, essa função representa apenas 0,3% da variação o que evidencia a influência da calagem nos atributos químicos dos solos em estudo, após quatro anos da aplicação.

Figura 1. Análise discriminante com os atributos químicos do solo em diferentes sistemas de preparo do solo e manejo da fertilidade em um Argissolo Amarelo distrófico (0–10 cm) cultivado com mandioca



Sistema de preparo do solo: ST- Sistema tradicional com uma gradagem leve antes do plantio; SA- Sistema alternativo sem revolvimento do solo. Manejos da fertilidade: Testemunha (T); Mucuna preta (M); Mucuna preta e fósforo (M+P); Mucuna preta e calcário (M + CaCO₃); Mucuna preta, fósforo e calcário (M+P+CaCO₃)

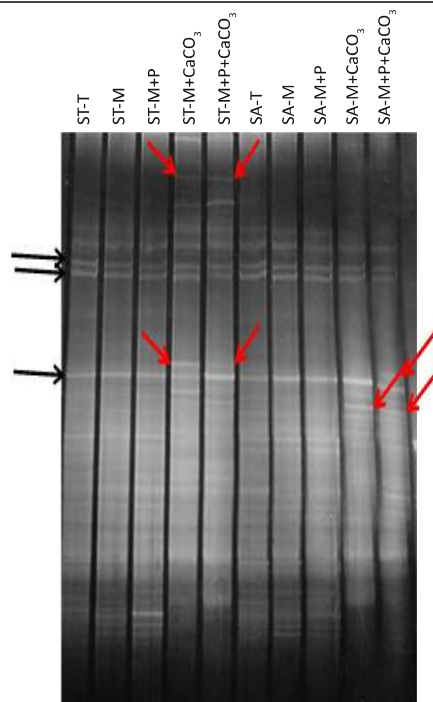
DIVERSIDADE DA COMUNIDADE BACTERIANA DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS

A análise dos perfis de DGGE do gene 16S rDNA indicou diferenças entre os sistemas de preparo do solo em função da adição de calcário. Os perfis de DGGE representativos de cada tratamento podem ser visualizados na Figura 2. A análise do perfil da comunidade bacteriana do solo leva em consideração a intensidade das bandas e sua posição no gel. Os perfis de DGGE apresentaram algumas bandas de maior intensidade, correspondentes às comunidades dominantes no solo, e um maior número de bandas de menor intensidade, correspondentes às comunidades menos dominantes. Algumas bandas, representando gêneros/espécies bacterianas estavam presentes em todos os tratamentos, indicando a presença de comunidades já estabelecidas

no solo, independente do manejo.

Nos tratamentos em que foi adicionado calcário, tanto no ST como no SA, verificou-se a presença de bandas distintas que não foram detectadas nos outros tratamentos (Figura 2). Desse modo, os resultados demonstraram que o sistema de manejo e preparo do solo e a aplicação de calcário afetaram qualitativamente a diversidade das comunidades bacterianas.

Figura 2. Perfis de PCR-DGGE das comunidades bacterianas de um Argissolo Amarelo distrófico (0–10cm) cultivado com mandioca em diferentes sistemas de preparo do solo e manejo da fertilidade

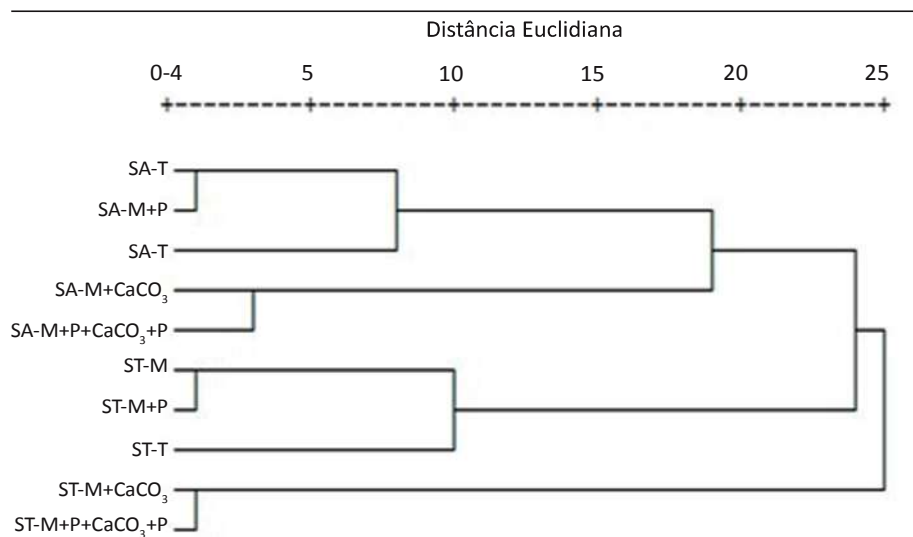


Sistema de preparo do solo: ST- Sistema tradicional com uma gradagem leve antes do plantio; SA- Sistema alternativo sem revolvimento do solo. Manejos da fertilidade: Testemunha (T); Mucuna preta (M); Mucuna preta e fósforo (M+P); Mucuna preta e calcário (M+CaCO₃); Mucuna preta, fósforo e calcário (M+P+CaCO₃).

*Setas pretas indicam a presença das comunidades comuns a todos os tratamentos. Setas vermelhas indicam as comunidades encontradas presentes apenas em alguns tratamentos.

A análise de agrupamento com base na distância euclidiana separou os tratamentos em dois grandes grupos, representados pelo preparo do solo (Figura 3). A estrutura das comunidades bacterianas das áreas sob SA apresentou similaridade de apenas 20% quando comparada com as áreas sob ST (Figura 3), evidenciando a influência do preparo do solo sobre as comunidades bacterianas. Dentro dos grupos de preparo do solo, ST e SA, houve a formação de subgrupos separando os tratamentos com e sem calcário (Figura 3). Esses subgrupos indicam diferenciação da estrutura da comunidade bacteriana quando o calcário foi adicionado ao solo.

Figura 3. Dendrograma de similaridade genética das comunidades bacterianas de um Argissolo Amarelo distrófico (0–10 cm) cultivado com mandioca em diferentes sistemas de preparo do solo e manejo da fertilidade



Sistema de preparo do solo: ST- Sistema tradicional com uma gradagem leve antes do plantio; SA- Sistema alternativo sem revolvimento do solo. Manejos da fertilidade: Testemunha (T); Mucuna preta (M); Mucuna preta e fósforo (M+P); Mucuna preta e calcário (M+CaCO₃); Mucuna preta, fósforo e calcário (M+P+CaCO₃).

O índice Shannon indicou diferenças na diversidade entre os sistemas de preparo do solo, ST e SA, apenas quando calcário foi adicionado. Foi indicada uma diversidade superior nos tratamentos em que foi aplicado calcário, no sistema alternativo de preparo do solo (Tabela 2). A exemplo dos

atributos dos solos, aparentemente não houve efeito da adubação verde e nem da adubação mineral com a aplicação do fosfato.

Tabela 2. Índice de diversidade genética da comunidade bacteriana de um Argissolo Amarelo distrófico (0–10 cm) obtido por perfis de PCR-DGGE em cultivo de mandioca com diferentes sistemas de preparo do solo e manejo da fertilidade

Manejo	T	M	M+P	M+CaCO ₃	M+P+CaCO ₃
	Shannon (H)				
ST	2,865 ± 0,081	2,967 ± 0,075	3,003 ± 0,074	2,415 ± 0,081	2,682 ± 0,078
AS	2,917 ± 0,079	3,015 ± 0,071	2,970 ± 0,069	3,130 ± 0,066	3,086 ± 0,069

Sistema de preparo do solo: ST- Sistema tradicional com uma gradagem leve antes do plantio; SA- Sistema alternativo sem revolvimento do solo. Manejos da fertilidade: Testemunha (T); Mucuna preta (M); Mucuna preta e P (M+P); Mucuna preta e calcário (M+CaCO₃); Mucuna preta, fósforo e calcário (M+P+CaCO₃).

Segundo Gil et al. (2011), as alterações na estrutura do solo devido ao intenso revolvimento afetam a percolação de água, temperatura, aeração e aumentam a erosão do solo, reduzindo significativamente as comunidades microbianas. Em contrapartida, sistemas de manejo com menor grau de revolvimento do solo favorecem a formação e estabilização de macroagregados (SILVA et al., 2014), que aliada à proteção do solo mediante cobertura, resulta em maior retenção de umidade, maior efeito rizosférico das culturas, maior disponibilidade de matéria orgânica, melhores condições químicas e físicas do solo, e redução de temperaturas extremas, proporcionando proteção ao hábitat dos microrganismos do solo, o que contribui para a maior diversidade microbiana nesses sistemas (GIL et al., 2011).

Embora no presente trabalho não ter sido constatado diferenças no aporte maior da matéria orgânica entre sistemas de preparo do solo nem com aplicação de fertilizantes e corretivo, os outros fatores benéficos proporcionados pelo sistema sem revolvimento do solo, favoreceu a maior diversidade bacteriana no SA quando foi adicionado o calcário.

A comunidade bacteriana responde tanto às práticas de preparo do solo, como também aos fatores ambientais, como o pH; solos com pH superior a 6,0 favorecem a diversidade bacteriana, enquanto em que pH ácido a população bacteriana é reduzida (XUE et al., 2010). Dessa forma,

os tratamentos com aplicação de calcário contribuíram para a elevação do pH que, aliado ao SA com menor mobilização do solo, resultaram em maior diversidade da comunidade bacteriana do solo. Dentro de cada sistema de preparo do solo houve separação dos tratamentos com e sem calcário, similar ao agrupamento dos atributos químicos obtidos com a análise discriminante canônica (Figura 2).

Quanto ao uso do calcário, Xue et al. (2010) avaliaram diferentes doses de calcário que variaram de 0 a 6,4g $\text{CaCO}_3/\text{kg}^{-1}$ de solo na atividade microbiana do solo. Nas doses de calcário de 0 a 3,2g $\text{CaCO}_3/\text{kg}^{-1}$ de solo foi observado aumento da atividade microbiana, porém, doses superiores promoveram um decréscimo na atividade microbiana do solo. No presente estudo, a concentração utilizada foi de 3,0g $\text{CaCO}_3/\text{kg}^{-1}$ de solo, considerando que as amostras analisadas foram da profundidade de 0-10cm e o calcário aplicado a lanço e, de acordo com o intervalo de estudo de Xue et al. (2010), a diversidade deveria ser maior nos tratamentos com aplicação de calcário, fato constatado apenas no sistema alternativo, no qual não houve revolvimento do solo. Neste trabalho a adição de calcário teve papel modulador na diversidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Não houve influência, após quatro anos da instalação do experimento, do sistema de preparo do solo, da adubação verde e nem da adubação mineral fosfatada nos atributos químicos do solo.
2. A calagem influenciou nos atributos químicos do solo, aumentando os teores de alguns cátions e pH e reduzindo os teores de alumínio, acidez potencial e a disponibilidade de fósforo.
3. O sistema de preparo do solo combinado com a calagem influenciou positivamente na diversidade bacteriano do solo, sendo maior no sistema sem revolvimento do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. H. V.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 27-32, 2000.
- ANJOS, J. L.; SOBRAL, L. F.; JÚNIOR, M.A.L. Efeitos da calagem em atributos químicos do solo na produção de laranja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 1138-1142, 2011.
- BABUJIA, L. C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BROOKES, P. C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian Oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 2174-2181, 2010.
- BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P.; DENARDIN, J. E.; AITA, C.; GIACOMINI, S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, v. 16, p. 784-795, 2010.
- CHAO, A.; LEE, S. M. Estimating the number of classes via sample coverage. **Journal of the American Statistical Association**, v. 87, p. 210-217, 1992.
- COSTA, F. S.; FILHO, M. D. C.; SANTIAGO, A. C. C.; MAGALHÃES, I. B.; CORDEIRO, L. S.; LIMA, A. P.; MAIA, G. R.; SILVA, E. P.; KLEIN, M. A.; SILVA, F. A. C.; BARDELES, N. G.; QUEIROZ, L. R.; BRITO, E. S. **Agricultura Conservacionista na Produção familiar de mandioca e milho no Juruá, Estado do Acre**: efeitos da adoção nos resultados de safras de 2006 a 2014. (Embrapa, Rio Branco, Acre, 2014, 10 p). (Embrapa. Comunicado técnico 186).
- CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, C. Calagem em latossolo amarelo distrófico da Amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 36, p. 895-907, 2012.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. -. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2011. 230 p.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TONON, B. C.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N.; TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. **Field Crops Research**, v. 137, p. 178-185, 2012.
- GIL, S. V.; MERILES, J.; CONFORTO, C.; BASANTA, M.; RADL, V.; HAGN, A.; SCHLOTTER, M.; MARCH, G. J. Response of soil microbial communities to different management practices in surface soils of a soybean agroecosystem in Argentina. **European Journal of Soil Biology**, v. 47, p. 55-60, 2011.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v. 42, p. 288-296, 2009.
- JUNIOR, E. F. F.; BRITO, E. S.; ORTEGA, G. P.; MATTAR, E. P. L. Neutralização química de acidez em solos sedimentares da Amazônia Ocidental, Acre. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1566-1572, 2013.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to

- improve soil quality. **Plant and Soil**, v. 338, p. 467-481, 2011.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 1-13, 2010.
- LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I.; MELO, W. J. Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica. **Bragantia**, v.70, p. 139-146, 2011.
- MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; JUNIOR, N. L. A. S. Influence of liming on residual soil respiration and chemical proprieties tropical no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 35-50, 2012.
- MATOSO, S. C. G.; SILVA, A. N.; FIORELLI-PEREIRA, E. C.; COLLETA, Q. P.; MAIA, E. F. Frações do carbono e nitrogênio de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes de usos na Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, v. 42, p. 231-240, 2012.
- MUYZER, G.; DEWAAL, E. C.; UITTERLINDEN, A. G. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 59, p. 695-700, 1993.
- NUBEL, U.; ENGELEN, B.; FELSKA, A.; SNAIDR, J.; WIESHUBER, A.; AMANN, R. I. Sequence heterogeneities of genes encoding 16S rRNAs in *Paenibacillus polymyxa* detected by temperature-gradient gel electrophoresis. **Journal Bacteriology**, v. 178, p. 5636-5643, 1996.
- PAVÃO, V. M.; COSTA, H. L.; LEITE, L. O.; PEREIRA, C. E. Avaliação da calagem sobre os cultivares na cambará e primavera em um Latossolo de Humaitá-AM. **Revista EDUCAmazônia – Educação Sociedade e Meio Ambiente**, v. X, p. 177-194, 2013.
- SAS®9.2 Language Reference: Dictionary, Second Edition. Copyright © 2009, SAS. **Institute Inc., Cary, NC, USA. ISBN 978-1-60764-189-6. All rights reserved. Produced in the United States of America.**
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Tenth printing, 1964, Urbana, University Illinois Press, 1949. 117 p.
- SILVA, A. P.; BABUJIA, L. C.; FRANCHINI, J. C.; RALISCH, R.; HUNGRIA, M.; GUIMARÃES, M. F. Soil structure and its influence on microbial biomass in different soil and crop management systems. **Soil & Tillage Research**, v. 142, p. 42-53, 2014.
- SILVA, A. P.; BABUJIA, L. C.; MATSUMOTO, L. S.; GUIMARÃES, M. F.; HUNGRIA, M. Microbial diversity under different soil tillage and crop rotation systems in an Oxisol of southern Brazil. **The Open Agriculture Journal**, v. 7, p. 40-47, 2013.
- SPSS. **SPSS Base for Windows**. Version 15.0. Chicago, 2009.
- WEISBURG, W. G.; BARNS, S. M.; PELLETIER, D. A.; LANE, D. J. 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. **Journal Bacteriology**, v. 173, p. 697-703, 1991.
- XUE, D.; HUANG, X.; YAO, H.; HUANG, C. Effect of lime application on microbial community in acidic tea orchard soils in comparison with those in wasteland and forest soils. **Journal of Environmental Sciences**, v. 22, p. 1253-1260, 2010.