



INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM SISTEMAS AGRÍCOLAS FAMILIARES

Technological Innovations of Organic Fertilization in Family Agricultural Systems

Emanoel Dias da Silva¹, Aldrin Martin Perez Marin² e Vania da Silva Fraga³

RESUMO

O esterco é um dos principais adubos orgânicos utilizados por agricultores na mesorregião do Agreste no estado da Paraíba (PB), Brasil. Porém, a quantidade e a disponibilidade de nutrientes em esterco são, em geral, insuficientes para suprir as demandas agrícolas. Uma alternativa para enfrentar esse problema é o uso de inovações tecnológicas, como unidades de beneficiamento de esterco, as quais são denominadas de esterqueiras. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial do uso de esterqueiras (EE) para melhorar a qualidade do esterco, comparando com outras duas fontes orgânicas — esterco de curral (EC) e biomassa de *Gliricidia* sp. (BG) —, sobre o desenvolvimento e produtividade de milho, com a participação ativa dos agricultores locais. O experimento foi conduzido em uma unidade agrícola familiar no município de Areial, PB. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em arranjo fatorial. O tratamento com 12 Mg ha⁻¹ de BG apresentou os melhores resultados, seguido do tratamento com 20 Mg ha⁻¹ de EE, os quais aumentaram a produção do milho em 250% e 60% em comparação ao EC, respectivamente. A pesquisa com a participação ativa dos agricultores estimulou outras 52 unidades agrícolas familiares a experimentar o uso da esterqueira.

Palavras-chave: Semiárido Brasileiro; Agreste; Pesquisa Participativa; Manejo do Solo.

ABSTRACT

Manure is one of the main organic fertilizers used by farmers in the Agreste mesoregion in the state of Paraíba (PB), Brazil. However, the amount and availability of nutrients in manures is usually insufficient to the agricultural demands. An alternative to face this problem is the use of technological innovations in manures, such as the composting process. The objective of this study was to evaluate the potential of using composting piles to improve the quality of manures by comparing with the use of two other organic sources — corral manure (EC) and *Gliricidia* sp. biomass (GB) — on maize development and yield, with the active participation of local farmers. The experiment was conducted in a family farm in Areial PB. The experimental design was a randomized block design, in a factorial arrangement. The treatment with 12 Mg ha⁻¹ of GB had the best results, followed by the treatment with 20 Mg ha⁻¹ of EE, which increased maize production by 250 and 60%, when compared to the EC, respectively. The active participation of the local farmers in this study stimulated other 52 family farms to use composting piles.

Keywords: Brazilian Semi-arid; Agreste; Participatory Research; Soil Management.

¹ Engº Agr. Mestre em Ciência do Solo, Assessor Técnico da ONG Assessoria a Projeto em Agricultura Alternativa (ASPTA), Br 104, km 06, distrito de São Miguel, Esperança, PB, CEP 58135-000. E-mail: emanoel@aspta.org.br

² Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido (INSA) e Prof. Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, CCA, Campus II, Areia, PB. Av. Francisco Lopes de Almeida, s/n, Serotão, Campina Grande, Paraíba. CEP 58429-970. E-mail: aldrin.perez@insa.gov.br

³ Professora Associada do Departamento de Solo e Engenharia Rural do Centro de Ciência Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, PB. E-mail: vaniasfraga@gmail.com

Recebido em:
07/10/2017

Aceito para publicação em:
18/12/2017

Correspondência para:
emanoel@aspta.org.br

Introdução

A mesorregião do Agreste no estado da Paraíba, Brasil, possui características específicas em seus aspectos produtivo, ambiental e sociocultural. Do ponto de vista natural, o Agreste apresenta características intermediárias entre o clima úmido e o semiárido (SANTOS, 2008). Essa mesorregião é composta por municípios densamente povoados e com economia baseada em cerca de 18.800 pequenas unidades agrícolas familiares — produtores de alimentos para consumo doméstico e comercialização local (DINIZ et al., 2010). A paisagem regional é caracterizada pela alta concentração de pequenas propriedades rurais familiares, dedicadas à policultura e à pecuária. A baixa fertilidade dos solos e a intensificação de práticas de manejo pouco eficientes são os principais desafios para a melhoria da qualidade de vida dos agricultores da região (MENEZES et al., 2005; PEREZ-MARIN et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2003).

Uma das estratégias utilizadas pelos agricultores da região para melhorar a fertilidade dos solos e a produtividade agrícola é o manejo integrado de nutrientes com base no uso de resíduos orgânicos, como o esterco, resíduos de culturas, adubação verde e o cultivo de espécies vegetais, utilizando os recursos locais de formas mais eficientes e eficazes (SILVEIRA et al., 2002; PEREZ-MARIN et al., 2007; SILVA et al., 2007). As famílias utilizam plantas leguminosas de ciclo curto (ex. guandu), e espécies arbóreas (ex. *Gliricidia* sp.) como cercas vivas nos perímetros das propriedades em sistema de aléias (PEREZ-MARIN et al., 2007). Parte da biomassa produzida é usada como forragem para os animais, e a outra parte é misturada a esterco. Isto vem possibilitando o aumento da quantidade e a melhoria da qualidade dos adubos orgânicos. O principal problema quanto ao uso desses materiais na região é a proporção de certos componentes, como lignina, polifenóis, carbono, nitrogênio e fósforo, os quais influenciam na taxa de mineralização dos nutrientes necessários para suprir as exigências nutricionais das culturas (PALM et al., 2001; COBO et al., 2002; VANLAUWE et al., 2005).

A adubação com esterco animal é uma das práticas mais utilizadas nessa região. O esterco é um produto fundamental para o desenvolvimento de sistemas de produção agrícolas, devido ao seu melhor desempenho técnico, econômico e ecológico. Porém, uma das limitações é a qualidade do esterco disponível para suprir a demanda agrícola nas propriedades, uma vez que o esterco fica acumulado anualmente no curral e depois é espalhado em pequenas quantidades ao solo. Esse sistema de manejo de esterco causa perda de nutrientes devido à chuva, ao vento e aos raios solares (GARRIDO et al., 2008).

As famílias agricultoras da região vêm desenvolvendo unidades de armazenamento e enriquecimento de esterco, conhecidas como esterqueiras, uma inovação técnica de baixo custo econômico que tem o objetivo de aumentar a quantidade e qualidade do esterco (DIAS, 2014). Porém, a disponibilidade de nutrientes necessários ao desenvolvimento e produtividade das culturas, que é adquirida com o uso desta inovação técnica necessita ser avaliada, para, então, serem adotadas como estratégias práticas e consistentes de manejo do esterco e resíduos orgânicos de plantas disponíveis nos agroecossistemas familiares.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial do uso de esterqueiras (EE) para melhorar a qualidade do esterco, comparando com outras duas fontes orgânicas — esterco de curral (EC) e biomassa de *Gliricidia* sp. (BG) —, sobre o desenvolvimento e produtividade de milho Jabotão (variedade local), com a participação ativa dos agricultores locais.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

O experimento foi implementado em uma propriedade rural localizada na Comunidade Furnas (07°04.104'S, 35°55.78'W, e 647m de altitude), no município de Areial, na mesorregião do Agreste no estado da Paraíba (PB), Brasil. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é BSh, denominado semiárido quente e seco, com estações chuvosa (março a agosto) e seca (setembro a fevereiro). A precipitação média anual é de 700mm (SANTOS, 2008) e a precipitação total anual foi de

454mm em 2013, 419mm em 2014 e 318mm em 2015. O solo na área de estudo foi classificado como Neossolo Regolítico de textura arenosa (EMBRAPA, 2013), com as seguintes propriedades químicas na camada de 0,0-0,2 m: pH em água de 5,6; P de 22 mg dm⁻³; K de 92 mg dm⁻³; Na⁺ de 0,1 cmol_c dm⁻³; H+Al de 4,5 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ de 0; Ca⁺² de 2,8 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ de 1,0 cmol_c dm⁻³; SB de 4,2 cmol_c dm⁻³; e CTC total de 6,8 cmol_c dm⁻³; com saturação por bases de 48%, e teor de MO de 7,7g kg⁻¹.

Processo metodológico-participativo desenvolvido na pesquisa

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizada a metodologia de experimentação e comunicação camponesa com enfoque integrado em sistemas agrícolas de produção familiar (Figura 1).



Figura 1. Processos de pesquisa e inovação participativa desenvolvidos com base no enfoque integrado de pesquisa e extensão em sistemas familiares de produção agroecológica.

O fluxo de relações, considerado a partir do diagnóstico da problemática real dos agricultores e da base de conhecimentos existentes, bem como a adoção e socialização das tecnologias contextualizadas são mostrados na Figura 1. O fluxo de relações foi concentrado no enfoque de pesquisa em nível de propriedades e permitiu ilustrar sua conectividade com outros processos locais de conhecimento, aplicando métodos de pesquisa quantitativos e qualitativos, partindo da base de conhecimentos existentes e da gestão do conhecimento, passando pela adoção e socialização de novas tecnologias, até o alcance dos benefícios das estratégias de manejo da fertilidade do solo nos agroecossistemas familiares avaliados no estudo.

Diagnóstico participativo das estratégias de manejo de fertilidade do solo

Nesta etapa foi realizada a caracterização inicial e mapeamento do conjunto de estratégias e conhecimentos técnicos que os agricultores possuem sobre o manejo da fertilidade do solo na região em estudo (Tabela 1). As práticas usadas, seus efeitos e limitações, assim como as potencialidades das estratégias locais para a gestão dos recursos e melhoria da fertilidade do solo foram avaliadas. Oficinas de discussão sobre as técnicas de manejo da fertilidade do solo, entrevistas com os agricultores e observações nas parcelas foram realizadas. As informações levantadas nestas oficinas e nas visitas de campo, possibilitaram a definição dos domínios de recomendação para os temas da pesquisa e para as estratégias de inovação tecnológica a serem testadas (Tabela 1).

Tabela 1. Práticas de melhoria da fertilidade do solo por ordem de frequência absoluta utilizadas pelos agricultores na mesorregião do Agreste, Paraíba, Brasil

Práticas de manejo da fertilidade do solo	Ordem	Fa	Fr (%)
Aplicação de esterco animal nas áreas de cultivo	1°	10	19
Eliminação do fogo no preparo do solo	2°	8	15
Adubação verde com biomassa de espécies arbóreas plantadas como cercas vivas	3°	7	13
Plantio de árvores na propriedade	4°	6	12
Plantio com leirões em nível	4°	6	12
Incorporação de resíduos vegetais após senescência	5°	5	10
Adubação verde com plantas de ciclo curto	6°	4	8
Plantio consorciado	6°	4	8
Plantio de guandú ao redor dos roçados	7°	1	2
Barramento das erosões com pedras	7°	1	2
Período de pousio ou descanso das áreas	8°	0	0

Ordem: indica a posição da prática. Fa = Frequência absoluta. Fr = Frequência relativa

Esta fase da pesquisa resultou na recomendação de melhoramento de algumas práticas de manejo de fertilização dos solos já desenvolvidas pelas famílias, pela combinação do uso de resíduos vegetais e esterco bovino, buscando melhorar a qualidade destes materiais utilizados nas propriedades.

Definição das estratégias e temáticas de pesquisa nas propriedades

Esta etapa compreendeu o planejamento e definição de todas as atividades da pesquisa. Os tratamentos e as estratégias de manejo foram definidos para a correta execução da pesquisa, a partir de uma análise crítica dos dados e informações obtidas na fase de diagnóstico. A definição dos tratamentos na propriedade levou em consideração os seguintes critérios: a) os tratamentos deveriam estar estabelecidos em áreas representativas da realidade da agricultura familiar na região; b) os tratamentos deveriam abordar problemas fundamentais de manejo da fertilidade dos solos vivenciados pelos agricultores; c) os tratamentos deveria ter base referencial em estratégias técnicas de manejo de solo já adotadas pelos agricultores; d) as variáveis analisadas durante a pesquisa deveriam refletir as práticas dos agricultores; e e) os resultados obtidos na pesquisa deveriam melhorar as atividades desenvolvidas pelas comissões temáticas do sindicato de agricultores chamado “Polo da Borborema”, na mesorregião do Agreste no estado da Paraíba.

Desta forma, foram definidos consensualmente oito tratamentos (Tabela 2). As doses usadas para a adubação foram de acordo com as quantidades de esterco usualmente aplicadas pelos agricultores, as quais estão relacionadas com a oferta de esterco disponível nas propriedades.

Desenvolvimento e avaliação das inovações tecnológicas de manejo da fertilidade do solo

Nesta fase foi realizada a implementação dos tratamentos de práticas de manejo de fertilidade do solo e do tratamento com inovação tecnológica, conforme definidos nas etapas anteriores. Esse processo foi realizado com duas estratégias de condução da pesquisa e desenvolvimento de inovação tecnológica: 1) participação exclusiva dos agricultores-experimentadores; e 2) participação dos pesquisadores em conjunto com os agricultores-experimentadores. Esta etapa envolveu: i) implantação e manejo dos tratamentos; ii) sistematização e avaliações dos tratamentos pelos agricultores-experimentadores e pesquisadores; e iii) intercâmbios de conhecimentos a partir da experimentação da inovação tecnológica e seus resultados.

Implantação e manejo dos tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com oito tratamentos de adubação orgânica (EC₄, EC₁₂, EC₂₀, EE₄, EE₁₂, EE₂₀, BG₁₂ e T) e quatro repetições (Tabela 2). Os blocos

experimentais foram demarcados com 280m² (5×56m) cada um, com oito parcelas de 35m² (5×7m), onde foram implantados os oito tratamentos de adubação orgânica. O milho (*Zea mays* L.) utilizado pertence à variedade local Jaboação, as sementes foram obtidas através do banco de sementes da comunidade e semeadas como planta indicadora nas parcelas dos tratamentos de adubação.

Tabela 2. Tratamentos com diferentes fontes orgânicas em área experimental na Comunidade Furnas, município de Areial, Paraíba, Brasil, 2013.

Material Orgânico	Tratamentos	Critério da escolha
Esterco de Curral (EC)	EC₄ - Aplicação de 04Mg ha ⁻¹ de esterco manejado convencionalmente	Esterco bovino, oriundo do curral, com a menor dose utilizada pelos agricultores
	EC₁₂ - Aplicação de 12Mg ha ⁻¹ de esterco manejado convencionalmente	Esterco bovino, oriundo do curral, com a dose intermediária utilizada pelos agricultores
	EC₂₀ - Aplicação de 20Mg ha ⁻¹ de esterco manejado convencionalmente	Esterco bovino, oriundo do curral, com a dose máxima utilizada pelos agricultores
Esterco de Esterqueira (EE)	EE₄ - Aplicação de 04Mg ha ⁻¹ de esterco curtido em esterqueira	Esterco bovino oriundo da esterqueira - inovação tecnológica desenvolvida pelos pesquisadores e agricultores.
	EE₁₂ - Aplicação de 12Mg ha ⁻¹ de esterco curtido em esterqueira	Esterco bovino oriundo da esterqueira - inovação tecnológica desenvolvida pelos pesquisadores e agricultores.
	EE₂₀ - Aplicação de 20Mg ha ⁻¹ de esterco curtido em esterqueira	Esterco bovino oriundo da esterqueira - inovação tecnológica desenvolvida pelos pesquisadores e agricultores.
Biomassa de <i>Gliricidia</i> sp. (BG)	BG₁₂ - Aplicação de 12Mg ha ⁻¹ de folhas e galhos finos fragmentados de <i>Gliricidia</i> sp.	Estratégia utilizada pelos agricultores como referência de adubação verde proveniente de biomassa de espécies arbóreas com boa disponibilidade de nutrientes e plantadas como cercas vivas
	CT - Controle	Tratamento sem adubação.

O esterco de curral (EC), esterco de esterqueira (EE) e a biomassa de *Gliricidia* sp. (ramos e galhos) (BG) foram incorporados ao solo das parcelas até a profundidade de 0,20m, usando enxada, 30 dias antes do plantio do milho. Então, leirões foram feitos com auxílio de tração animal para arraste da camada superficial (0,20m). O milho foi semeado usando três sementes por cova (espaçamento de 1,0×0,20m) logo após o início do período chuvoso (primeira semana de março). O desbaste foi realizado duas semanas após a emergência das plântulas, deixando-se uma planta por cova (50.000 plantas ha⁻¹). O controle de plantas espontâneas foi realizado com enxada, aos 20 e 45 dias após a semeadura (DAS) do milho.

O esterco bovino utilizado nos tratamentos EC foi obtido na propriedade rural na qual o experimento foi implementado. Os ramos e galhos finos de *Gliricidia* sp., presente na área experimental, foram obtidos pelo corte das pontas de ramas com menos de 0,01m de diâmetro; os ramos e galhos foram cortados em pedaços (0,10 a 0,20m de comprimento) usando facão para obtenção da biomassa a ser distribuída sobre o solo das parcelas.

Três esterqueiras foram instaladas na comunidade Furnas, município de Areial, PB, em 2012, para obtenção do esterco aplicado nos tratamentos EE. As esterqueiras foram construídas a partir de uma estrutura em nylon (0,7×0,6×10m de altura, largura e comprimento), com capacidade de armazenamento de 4,2m³ de esterco por esterqueira. Cada esterqueira foi preenchida (volume total) com esterco de curral e folhas de cajueiro (*Anacardium occidentale*), sendo cerca de 95% esterco e 5% folhas de cajueiro, em camadas de 0,2m de altura, aproximadamente, e ao final foram cobertas com palha de milho; o material foi mantido por 18 semanas (outubro de 2012 a janeiro de 2013) nas

esterqueiras. Água (150 L) foi adicionada quinzenalmente para ajudar no processo de decomposição do material.

A temperatura na leira de compostagem foi medida semanalmente utilizando um termômetro digital de haste longa com capacidade de leitura de 0 a 100 °C (Figura 2). Os picos máximos de temperatura (59-64 °C) ocorreram entre 66 e 73 dias (Figura 2), enquanto que as menores temperaturas ocorreram aos três e dez dias (32,5 °C) e aos 108 e 115 dias (35 °C), após a instalação da esterqueira. Semanalmente, uma cova foi aberta dentro da leira (no sentido longitudinal até atingir as camadas aquecidas em seu interior) para observações visuais, olfativas e táteis, pelas quais se avaliou a presença de insetos, propagação de resíduos, eventuais odores desagradáveis e a coloração do composto.

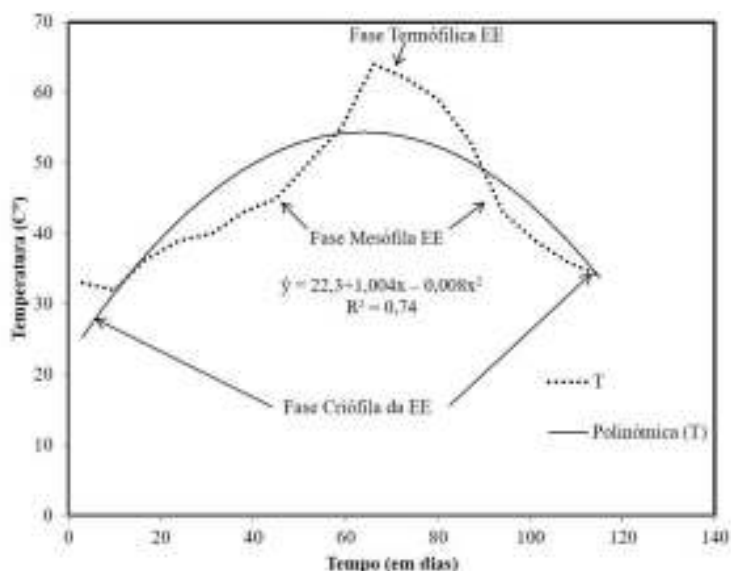


Figura 2. Temperatura das esterqueiras (EE) ao longo de 115 dias. Comunidade Furnas, município de Areal, Paraíba, Brasil.

Amostras de 0,25g de EC, EE e BG foram digeridas em uma mistura de $H_2SO_4+H_2O_2$, para determinar os teores de N, P e K. Foram determinados os teores de K por fotometria de chama, P por colorimetria, e N pelo método de Kjeldahl (EMBRAPA, 1999). Os teores de N-P-K encontrados nos adubos usados foram: CE= 4,4-0,8-4,1, EE=8-1,1-5,1 e BG=37-1,4-20g kg^{-1} , respectivamente.

Sistematização e avaliação das estratégias de adubação

Ao longo dos estágios de desenvolvimento do milho, foram realizadas avaliações qualitativas apenas pelos agricultores, e avaliações quantitativas pelos agricultores e pesquisadores.

A avaliação qualitativa foi realizada em duas fases de desenvolvimento do milho: no estágio reprodutivo R3 (grão leitoso), ou milho verde (60 DAS); e no estágio reprodutivo R6 (maturação fisiológica), ou milho seco (120 DAS). Aproximadamente 25 agricultores, que vinham realizando experiências para a melhoria da fertilidade do solo de suas propriedades, foram convidados a realizar essa avaliação. Os parâmetros utilizados por eles basearam-se nas suas experiências de cultivo do milho há pelo menos 10 anos. Os agricultores foram divididos em subgrupos, e cada subgrupo avaliou os 04 blocos do experimento. Antes dessas avaliações, entrevistas individuais foram realizadas com as famílias agricultoras para definir os indicadores de avaliação da cultura do milho na região, e notas qualitativas foram definidas (1 = fraco, 2 = médio, 3 = bom, 4 = ótimo) para os seguintes indicadores: altura da planta (AP), produção de palha da planta (PP), qualidade da espiga (QE), produção de palha da espiga (PPE); e enchimento de grãos (EG).

A avaliação quantitativa consistiu de formação de subgrupos (compostos pelos agricultores e pesquisadores), liderados por facilitadores da ONG Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA). As variáveis avaliadas foram: altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), matéria seca (MS), produtividade de grãos (PG) e produtividade de grãos mais palha (PGP). A AP e DC foram mensuradas aos 30, 45, 60, 75, 90 e 120 DAS; a AP foi medida a partir da superfície do solo até a bainha da folha bandeira, com auxílio de uma trena; e o DC foi medido aos 0,15m de altura do solo, usando um paquímetro digital. Foi realizada uma coleta de 25 plantas por parcela (cinco plantas por linha) durante a colheita do milho (120 DAS) para quantificar a MS, PG e PGP; as produtividades totais de grãos e palha por parcela foram determinadas com base no número total de plantas.

Comunicação e disseminação das inovações tecnológicas e resultados da pesquisa

Nesta etapa foi realizada a comunicação e socialização dos resultados e recomendações encontrados na pesquisa. Os agricultores e pesquisadores examinaram os resultados, juntamente com outros agricultores da comunidade, a fim de obter suas opiniões sobre os tratamentos que observaram ao longo da pesquisa. Foi realizada uma interpretação agrônômica, estatística e econômica dos resultados. Então, um Seminário Regional foi realizado, com a participação de 60 agricultores de vários municípios da região do Polo da Borborema, na mesorregião do Agreste no estado da Paraíba, para compartilhar as experiências vivenciadas em todas as etapas da pesquisa.

O seminário foi estruturado em três momentos. No primeiro, a problemática da baixa fertilidade dos solos na região foi discutida; usando um mapa do território, os participantes criaram uma tabela descrevendo as características da região e as práticas usadas pelos agricultores familiares para regenerar a fertilidade do solo. No segundo momento, os gráficos dos resultados foram apresentados pela família em cuja propriedade foi conduzido o experimento; todo o processo foi detalhado, desde a concepção da inovação tecnológica (esterqueira), manejo da água, acompanhamento da temperatura, e ajustes no formato das esterqueiras. Finalmente, no terceiro momento, uma síntese foi realizada, e as principais conclusões e aprendizados da pesquisa foram destacados; perguntas e sugestões foram apresentadas para aprofundar as pesquisas sobre o manejo da fertilidade nos agroecossistemas da mesorregião do Agreste no estado da Paraíba.

Análises Estatísticas

Após verificar e atender os pressupostos de normalidade e aditividade dos dados, os resultados das variáveis de crescimento (AP, PP, PPE, QE, EG, DC) e produtividade (MS, PG e PGP) do milho foram avaliados utilizando análises de variância, segundo o delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial ($2 \times 3 + 1 + 1$), consistindo de adubação com duas fontes de esterco (EE e EC) em três doses (4, 12 e 20Mg ha^{-1}), com uma fonte de adubação verde de boa qualidade (*Gliricidia* sp.) (BG) em uma dose (12Mg ha^{-1}), e um controle (CT) sem adubação. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As notas da avaliação qualitativa dadas pelos agricultores (AP, PP, QE, PE e EG), e os resultados das avaliações quantitativas feitas pelos pesquisadores junto com agricultores (AP, DC, MS, PG, PGP) foram submetidas à análise de regressão polinomial, em função das doses de esterco (EC e EE). A interação dentro do fator esterco (EC_{12} e EE_{12}) e em relação ao tratamento BG_{12} com uma mesma dose foi analisada ao longo do tempo. Finalmente, as observações qualitativas dos agricultores participantes do experimento foram correlacionadas com os resultados quantitativos. Os dados foram analisados utilizando o programa estatístico SAS 6.11 (1995).

Resultados e discussão

De acordo as avaliações qualitativas e quantitativas realizadas pelos pesquisadores e agricultores, as variáveis analisadas (AP, PP, QE, PPE e EG) foram diferentes ($p < 0,05$) nos tratamentos (EE, EC, BG e T) na comparação dos estercos e doses utilizadas na adubação, tanto no período de avaliação no estágio de milho (60 DAS) verde quanto no período de milho seco (120 DAS) (Tabelas 3 e 4).

O Esterco de Curral (EC) teve efeito linear ($p < 0,05$) na AP aos 30, 45 dias e 60 DAS. Neste tratamento, a AP não apresentou resultados significativos aos 75, 90 e 120 DAS. As doses do Esterco da Esterqueira (EE) tiveram um efeito linear ($p < 0,05$) na AP aos 45, 60, 75, 90 e 120 DAS (Tabela 3).

O tratamento EC teve efeito linear ($p < 0,05$) na PG, não havendo respostas significativas da MS. A PG e PGP aumentou de 1.417 kg ha^{-1} na dose de 4 Mg ha^{-1} (menor dose) para 2.345 kg ha^{-1} na dose de 20 Mg ha^{-1} (maior dose). O tratamento EE teve efeito linear ($p < 0,05$) na MS, PG e PGP (Tabela 3). A MS, PG e PGP apresentaram incremento de 2.616, 2.302 e 4.648 kg ha^{-1} , respectivamente, da menor dose (4 Mg ha^{-1}) para a maior dose de EE (20 Mg ha^{-1}).

Tabela 3. Altura de plantas (AP, em cm) aos 30, 45, 60, 75, 90 e 120 dias após o plantio e Produtividade de Matéria Seca (MS), Grãos (G), Grão mais Palha (G+G) de milho Jaboaão em função das doses do esterco de curral e esterco da esterqueira, na Comunidade Furnas, Município de Areial, na mesorregião do Agreste, Paraíba, Brasil

Avaliação	Variável	Esterco da Esterqueira	Esterco do Curral
Avaliação quantitativa feita pelos pesquisadores junto com os agricultores baseados em mensurações	¹ AP ₃₀	$\hat{y} = \bar{y} = 0,33$	$\hat{y} = 0,314 + 0,007^{**}x$; $R^2 = 0,928$
	AP ₄₅	$\hat{y} = 0,545 + 0,012^{*}x$; $R^2 = 0,796$	$\hat{y} = 0,500 + 0,009^{**}x$; $R^2 = 0,943$
	AP ₆₀	$\hat{y} = 0,697 + 0,023^{*}x$; $R^2 = 0,778$	$\hat{y} = 0,635 + 0,013^{**}x$; $R^2 = 0,811$
	AP ₇₅	$\hat{y} = 0,997 + 0,031^{*}x$; $R^2 = 0,895$	$\hat{y} = \bar{y} = 0,79$
	AP ₉₀	$\hat{y} = 1,0246 + 0,032^{*}x$; $R^2 = 0,90$	$\hat{y} = \bar{y} = 0,99$
	AP ₁₂₀	$\hat{y} = 1,1014 + 0,0326^{*}x$; $R^2 = 0,87$	$\hat{y} = \bar{y} = 1,04$
	MS (t ha^{-1})	$\hat{y} = 2096,1 + 163,52^{**}x$; $R^2 = 0,98$	$\hat{y} = \bar{y} = 2034,3$
	G (t ha^{-1})	$\hat{y} = 736,72 + 126,49^{**}x$; $R^2 = 0,93$	$\hat{y} = 1951,5 + 82,804^{*}x$; $R^2 = 0,92$
	P+G (t ha^{-1})	$\hat{y} = 2832,8 + 290^{**}x$; $R^2 = 0,99$	$\hat{y} = 2520,4 + 156,06^{*}x$; $R^2 = 0,92$

¹AP= Altura de plantas em cm, aos 30, 45, 60, 75, 90 e 120 dias após o plantio do milho. * e ** significativo a 1 % e 5 %, respectivamente, n= 4.

A análise comparativa apresentou diferenças entre os tratamentos com esterco (EC₁₂ e EE₁₂) e o tratamento com biomassa de *Gliricidia* sp. (BG₁₂). Os agricultores destacaram que o tratamento BG₁₂ teve efeito nas variáveis qualitativas do milho (AP, PP, QE, PE e EG) em ambos os estágios de desenvolvimento avaliados (Tabela 4).

Os resultados da avaliação quantitativa mostraram que as plantas adubadas com as folhas e ramos de *Gliricidia* sp. (BG) tiveram maior AP, dos 45 até 120 DAS, ao serem comparadas com as plantas adubadas com o EC e EE (Tabela 4). As plantas do tratamento BG₁₂ apresentaram MS (115 e 113%), PG (358 e 221%) e PGP (207 e 145%) maiores do que aquelas dos tratamentos EC₁₂ e EE₁₂ (Tabela 4).

Os tratamentos EC₄ e EE₄ não apresentaram diferenças para AP ao longo do tempo (Figura 3). Contudo, a AP do tratamento EE₁₂ foi, em média, 26% maior do que a do EC₁₂ (60 DAS); e a AP do tratamento EE₂₀ foi, em média, 34% maior do que a do EC₂₀ (75 DAS). O diâmetro do colmo (DC) apresentou diferenças entre os tratamentos EE₄ e EC₄ (45 e 60 DAS). As plantas dos tratamentos EE₁₂ e EE₂₀ tiveram DC maiores do que aquelas dos tratamentos EC₁₂ e EC₂₀ ao longo do ciclo da cultura (Figura 3).

As variáveis MS, PG e PGP dos tratamentos EC e EE só diferiram na dose de 20 Mg ha^{-1} , com o EE apresentando a maior média (aproximadamente 60%) (Figura 4). Adicionalmente, a avaliação qualitativa dos agricultores mostrou que os tratamentos EC e EE com a dose de 4 Mg ha^{-1} (EC₄ e EE₄) não tiveram diferença nos dois momentos de avaliação. No entanto, os tratamentos EE com as doses de 12 e 20 Mg ha^{-1} (EE₁₂ e EE₂₀) tiveram melhor desempenho para todas as variáveis analisadas nos dois momentos de avaliação, quando comparados aos tratamentos EC com as mesmas doses.

Tabela 4. Análise comparativa entre esterco de curral (EC), esterco de esterqueira (EE) e biomassa de *Gliricidia* sp. (BG) na dose de 12Mg ha⁻¹, usados na adubação do milho Jaboação, na comunidade Furnas, município de Areial, na mesorregião do Agreste, Paraíba, Brasil

Avaliadores	Variável	Comparação I		Comparação II	
		EC ₁₂	BG ₁₂	EE ₁₂	BG ₁₂
Estádio de Milho Verde (60 DAS)					
Avaliação qualitativa feita pelos agricultores baseado em notas de 1 a 4	AP	2,00b	4,00a	3,00b	4,00a
	PP	1,75b	4,00a	3,00a	4,00a
	QE	1,50b	4,00a	2,00b	4,00a
	PPE	1,00b	4,00a	2,00b	4,00a
	EG	1,00b	3,00a	2,00b	3,00a
	Estádio de milho seco (120 DAS)				
Avaliação quantitativa feita pelos pesquisadores e agricultores	AP	2,00b	4,00a	3,00a	4,00a
	PP	2,00b	4,00a	3,00b	4,00a
	QE	1,00b	4,00a	2,00b	4,00a
	PPE	1,00b	4,00a	2,00b	4,00a
	EG	1,00b	4,00a	2,00b	4,00a
	AP 30 DAS	0,43 ^a	0,45a	0,43a	0,45a
	AP 45 DAS	0,65b	0,81a	0,66b	0,81a
	AP 60 DAS	0,87b	1,40a	1,13b	1,40a
	AP 75 DAS	1,08b	1,77a	1,08b	1,77a
	AP 90 DAS	1,17b	1,92a	1,51b	1,92a
	AP 120 DAS	1,61b	1,99a	1,67b	1,99a
	DC 30 DAS	9,88b	18,11a	17,70a	18,11a
	DC 45 DAS	15,28b	24,40a	23,34a	24,40a
	DC 60 DAS	16,47b	26,41a	25,77a	26,41a
	DC 75 DAS	15,43b	25,07a	24,56a	25,07a
	DC 90 DAS	13,76b	22,28a	21,81a	22,28a
	DC 120 DAS	10,38b	19,13a	19,59a	19,13a
	MS (Mg ha ⁻¹)	3,61b	9,23a	4,32b	9,23a
PG (Mg ha ⁻¹)	1,26b	5,79a	1,80b	5,79a	
PGP (Mg ha ⁻¹)	4,88b	15,02a	6,12b	15,02a	

AP = altura de planta (cm), PP = produção de palha da planta, QE = qualidade da espiga, PPE = Produção de Palha da Espiga, EG = enchimento do grão, DC = Diâmetro do Colmo (mm), DAS = dias após a semeadura do milho, MS = Massa Seca; PG = produtividade de grãos, e PGP = produtividade de Grãos mais Palha. Notas: 1 = fraco; 2 = médio; 3 = bom e 4 = ótimo. Letras na linha comparam as adubações EC e EE com BG. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As avaliações qualitativas e quantitativas apresentaram correlação positiva e significativa para as variáveis de crescimento e produtividade do milho, nos dois momentos de avaliação.

A PG apresentou menor correlação ($r=0,52^{**}$) no milho verde, e a PGP teve menor correlação ($r=0,520^{**}$) no milho seco. A PGP e AP apresentaram as maiores correlações ($r=0,70^{**}$) para as variáveis de produção do milho verde. O milho seco teve as maiores correlações entre MS e QE ($r=0,69^{**}$), PG e QE ($r=0,69^{**}$), e PGP e QE ($r=0,69^{**}$), sendo estes os melhores indicadores para discriminar ambas as avaliações. Estes resultados denotam a boa capacidade de avaliação das famílias agricultoras durante o processo de análise da cultura do milho nos dois momentos da avaliação; e também confirmam o efeito e potencial das tecnologias avaliadas para melhoria da fertilidade do solo, especialmente a adubação com EE e BG.

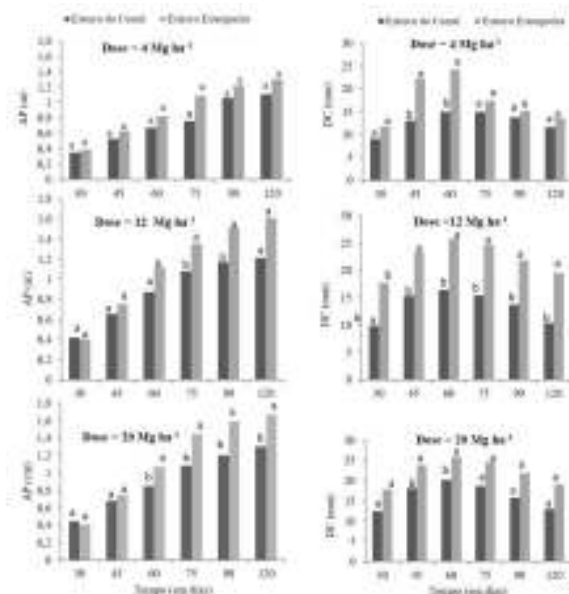


Figura 3. Altura de plantas (AP) e diâmetro do colmo (DC) do milho aos 30, 45, 60, 75, 90 e 120 dias após a semeadura, adubado com a mesma dose de esterco de curral e esterco de esterqueira, na Comunidade Furnas, município de Areial, mesorregião do Agreste no estado da Paraíba, Brasil. Letras iguais, no mesmo tratamento, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

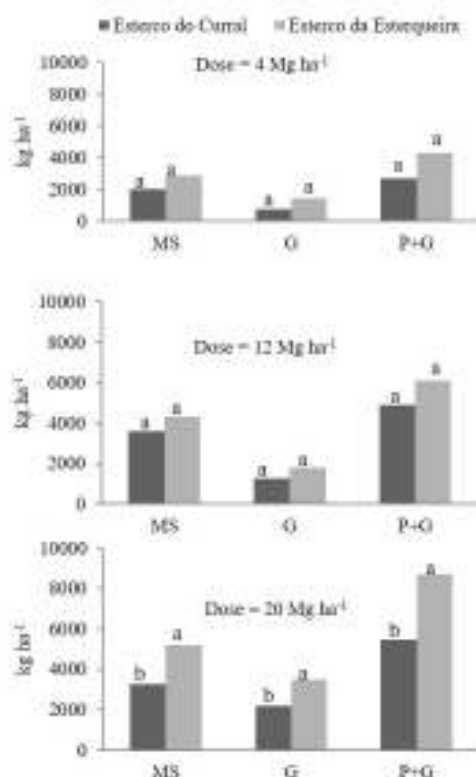


Figura 4. Produtividades de massa seca (MS), grãos (PG) e grãos mais palha (PGP) de milho, adubado com a mesma dose de esterco de curral e esterco de esterqueira, na Comunidade Furnas, município de Areial, mesorregião do Agreste no estado da Paraíba, Brasil. Letras iguais, no mesmo tratamento, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados das avaliações qualitativa e quantitativa apresentaram que os tratamentos EE (esterco de esterqueira) e BG (biomassa de *Gliricidia* sp.) foram superiores ao EC (esterco de curral) em aumentar o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho. A aplicação de 12Mg ha⁻¹ de BG (BG₁₂), e 20Mg ha⁻¹ de EE (EE₂₀) promoveram melhor desenvolvimento do milho, do que os tratamentos EC e Controle. Os tratamentos EE e BG promoveram melhor crescimento da planta a partir dos 45 DAS até os 120 DAS, em comparação com o EC; este resultado está de acordo com o crescimento e

desenvolvimento do milho Jaboaão, o qual inicia suas fases de floração aos 50 DAS, fertilização aos 70 DAS e enchimento de grãos aos 90 DAS — etapas nas quais, provavelmente, ocorre maior taxa de absorção dos nutrientes (COELHO e FRANÇA, 1995; MAGALHÃES et al., 2002). Os melhores efeitos dos tratamentos EE e BG sobre as variáveis de crescimento e produtividade avaliadas é devido às suas melhores qualidades de disponibilidade de nutrientes de acordo com a necessidade da cultura do milho (PEREZ-MARIN et al., 2007; VANLAUWE et al., 2005; SILVA et al., 2004; CANCELLIER et al., 2011); estes resultados denotam que o esterco do curral possivelmente tem qualidade menor, conforme relatados em outros estudos (MUNDUS et al., 2008; PEREZ-MARIN et al., 2007; SANTOS et al., 2009; MELO et al., 2009).

O aumento na produtividade do milho com a utilização dos tratamentos EE₂₀ e BG₁₂ está de acordo com outros estudos que testaram a adubação orgânica. Menezes e Salcedo (2007) encontraram produtividades de grãos do milho em torno de 4.000 a 5.400 (kg ha⁻¹) com aplicação de 15.000 (kg ha⁻¹) de biomassa de *Gliricidia* sp., resultado superior à média da região semiárida (700kg ha⁻¹) (MENEZES e SAMPAIO, 2002). Perez-Marin et al. (2007) estudaram a produção de milho ao longo de três anos, usando adubo orgânico, *Gliricidia* sp. e esterco, e reportaram produtividade média de grãos e de palha de milho de cerca de 700 e 1700 kg ha⁻¹, respectivamente, a mais do que o tratamento controle (sem adubação). Mundus et al. (2008) afirmaram que matéria orgânica de alta qualidade, como a da *Gliricidia* sp., quando incorporada ao solo, decompõe-se bem mais rápido do que materiais orgânicos de menor qualidade, como o esterco. Os autores confirmaram que o esterco, quando aplicado ao solo separadamente, pode causar imobilização de nutrientes, especialmente de N; em contrapartida, quando aplicado combinado com biomassa de *Gliricidia* sp., há melhor sincronização entre a disponibilidade de nutrientes e o desenvolvimento do milho.

Assim, os resultados dos parâmetros de produtividade encontrados neste estudo confirmam a capacidade agrônômica da inovação tecnológica de esterqueiras, especialmente em combinação com a biomassa de *Gliricidia* sp., em melhorar a fertilidade do solo na região semiárida.

Portanto, a oportunidade de realizar uma pesquisa conectada com as demandas e realidades das famílias agricultoras foi fundamental para o processo de construção de conhecimento. As famílias foram estimuladas a serem agentes ativos nas diferentes etapas de condução do experimento e construção do conhecimento. Condições favoráveis para o desenvolvimento dos agricultores e suas organizações foram criadas ao longo da condução do estudo, na medida em que os conhecimentos e experiências das famílias e os conhecimentos acadêmicos passaram a ser apreendidos como insumos importantes para a inovação local. As famílias agricultoras se sentiram condutoras do processo de avaliação, e o seu comprometimento e empolgação foram perceptíveis em cada etapa da pesquisa.

O sistema participativo de condução do experimento permitiu a geração de novos conhecimentos, os quais foram concebidos, consolidados e apropriados pelos diferentes sujeitos envolvidos — os agricultores locais e os pesquisadores. Estes resultados são condizentes com os observados por Nicholls et al. (2004), Alves et al. (2004) e Canuto (2004), os quais reportaram a importância do conhecimento empírico das populações sobre a forma de uso e manejo da fertilidade do solo, o qual é transmitido através de gerações pela linguagem oral e pelas experiências práticas. Segundo Barbosa et al. (2012), o resgate e a valorização destas informações são considerados essenciais para construir novos caminhos para a agricultura familiar, sobretudo porque são originárias não apenas da ciência, mas da experiência dos agricultores.

A eficiência do processo de conexão entre as informações científicas e empíricas é fundamental para a construção de estratégias sustentáveis de manejar a fertilidade dos solos, porém há uma grande dificuldade em alcançá-la.

O compartilhamento dos resultados e as experiências vivenciadas ao longo da pesquisa estimularam outras famílias a iniciar a experimentação da esterqueira, seguindo os princípios metodológicos usados neste estudo. A pesquisa iniciada em uma propriedade familiar com a instalação de três esterqueiras no início de 2012, foi finalizada em 2013, com a instalação de mais 72 esterqueiras e envolvendo 52 famílias de cinco municípios da rede de agricultores da mesorregião do Agreste no estado da Paraíba.

Conclusão

O esterco de esterqueira e a biomassa de *Gliricidia* sp. usados como adubo aumentaram a produção, crescimento e desenvolvimento do milho — com resultados variando de acordo com as doses aplicadas. Os melhores tratamentos foram a aplicação de biomassa de *Gliricidia* sp. (12Mg ha⁻¹), seguido de esterco da esterqueira e de esterco de curral.

O processo de pesquisa participativa permitiu a geração de novos conhecimentos, os quais foram concebidos, consolidados e apropriados pelos diferentes sujeitos envolvidos na pesquisa — os agricultores e os pesquisadores.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos agricultores da mesorregião do Agreste no estado da Paraíba, que nos ofertaram sabedoria e ensinamentos valiosos de convivência com o semiárido brasileiro; especialmente aqueles que compõem o Polo da Borborema, por todos os ensinamentos, contribuições e a efetiva participação em todas as etapas de realização desta pesquisa; ao Sr. Carlos Marcolino e Dona Josélia, pela sua receptividade e contribuição através de sua rica experiência no manejo ecológico dos solos, os quais foram importantes para a condução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. M. C. et al. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após a incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p.1111-1117, 2004.
- BARBOSA W. et al. Ecologia dos saberes: uma proposta para a extensão a partir da ciência do solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência Solo**, v. 37, n. 1, p. 49-51. 2012.
- CANCELLIER, L. L. et al. Adubação orgânica na linha de semeadura no desenvolvimento e produtividade do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n. 2, p.527-540, 2011.
- CANUTO, J. C. A pesquisa e os desafios da transição agroecológica. **Ciências Ambientais** (Especial: Agricultura Sustentável), v.14, n. 27, p.133-140, 2004.
- COBO. J. G. et al. Decomposition and nutrient release by Green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, v.240, n. 2, p.331-342, 2002.
- COELHO A. M; FRANÇA G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. Informações Agrônomicas, Piracicaba, **Arquivo Agrônomico**, v.71, n. 2, p.1-9. 1995. (Encarte Técnico, 2)
- DINIZ, O. C. P. et al. Polo da Borborema: ator contemporâneo das lutas camponesas pelo território. **Revista Agrícolas**, v.7, n. 1, p.13-19. 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed rev ampl. Brasília, DF: 2013. 353p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA**. Informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: 1999.370p.
- GARRIDO, M. da S et al. Potencial de adubação orgânica com esterco no nordeste do brasil. In: MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO. (Org.). **Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2008, v. 1, p. 123-140.
- MAGALHÃES, P. C. et al. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa – CNPMS; 2002. (Circular Técnica, 22).
- MELO, R. F. et al. Avaliação do uso de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão-caupi em barragem subterrânea. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n. 1, p.1264-1267, 2009.
- MENEZES, R. S. C. et al. Fertilidade dos solos no semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 2005, Recife, PE. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 1 CD-ROM.
- MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n. 4, p.361-372, 2007.
- MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Agricultura Sustentável do Semi-Árido Nordeste. In: OLIVEIRA, T.S et al. (eds). **Agricultura, Sustentabilidade e o Semi-Árido**. Fortaleza: SBCS/UFC; 2000. p. 20-46.
- MUNDUS, S. et al. *Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or gliricidia in semiarid NE Brazil*. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.82, n. 1, p. 61-73. 2008.
- NASCIMENTO, J. T. et al. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n. 3, p.457-462. 2003.

- NICHOLLS, C. I. et al. *Rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems*. **Biodynamics**, v. 250, s/n, p.33-40. 2004
- PALM, C. A. et al. *Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice*. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, n. ½, p.63-75. 2001.
- PEREZ-MARIN, A. M. et al. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p.669-677, 2007
- SANTOS, A. F. et al. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade do milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n. 12, p. 1267-1272, 2010.
- SANTOS, J. F. et al. Adubação Orgânica na Cultura do Milho no Brejo Paraibano. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 209-216, 2009.
- SAS Institute INC.SAS/STAT™ **SAS user's guide for windows environment**. 6.11 ed. Cary : SAS Institute, 1995.
- SILVA, E. D. **Potencial de três fontes orgânicas na produtividade do milho em um neossolo regolítico em agroecossistemas familiares**. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2014.
- SILVA, J. et al. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p.326-331, 2004.
- SILVA, T. O et al. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou *crotalaria juncea*. I - Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. v.31, n. 1, p.39-49, 2007.
- SILVEIRA, L. M. et al. **Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: Avanços a partir do Agreste da Paraíba**. Rio de Janeiro: AS-PTA; 2002, 359p.
- VANLAUWE, B. et al. *Laboratory validation of a resource quality-based conceptual framework for organic matter management*. **Soil Science Society American Journal**, v. 69, n.4, p.1135-1145, 2005.