

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

RAFAEL MENDES DE SOUSA

EFICIÊNCIA DO USO DO NITROGÊNIO AFETADA PELOS INDICADORES
FÍSICOS DO SOLO

São Luís – MA

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

EFICIÊNCIA DO USO DO NITROGÊNIO AFETADA PELOS INDICADORES
FÍSICOS DO SOLO

São Luís – MA

2019

RAFAEL MENDES DE SOUSA

Engenheiro Agrônomo

**EFICIÊNCIA DO USO DO NITROGÊNIO AFETADA PELOS INDICADORES
FÍSICOS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

**Orientador: Prof. Dr. Emanuel Gomes de
Moura**

São Luís – MA

2019

Sousa, Rafael Mendes de.

Eficiência do uso do nitrogênio afetada pelos indicadores físicos do solo /
Rafael Mendes de Sousa.– São Luís, 2018.

48 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do
Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Emanuel Gomes de Moura.

1.Aléias. 2.Nutrição vegetal. 3.Qualidade do solo. I.Título

**EFICIÊNCIA DO USO DO NITROGÊNIO AFETADA PELOS INDICADORES
FÍSICOS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

RAFAEL MENDES DE SOUSA

Aprovado em: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Emanuel Gomes de Moura (Orientador)

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Prof. Dr. Fabrício Oliveira Reis

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Prof^a. Dr^a. Rosane Cláudia Rodrigues

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

São Luís – MA

2019

DEDICO

*Ao meu avô José Carlos Ferreira Mendes (in memoriam) por
ter me ensinado, entre tantas coisas, a amar a agricultura.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pai, acima de tudo, por seu amor e infinita bondade transmitida a mim através das pessoas, bênçãos e acontecimentos ao meu redor. A minha família por todo o apoio, carinho e amor sem medidas. Aos meus amados pais **Raimundo Nonato de Souza** e **Irislene Mendes de Sousa**, que entre tantas coisas, me ensinaram a sonhar e a lutar por objetivos. Aos meus irmãos Raimundo Nonato de Sousa Júnior, Ilderlene Mendes de Sousa e Renata Mendes de Sousa por sua parceria e amor fraternal.

Aos meus queridos avós José Carlos Ferreira Mendes (*in memoriam*), Gilda Maria Amador Mendes e Francisca Lemos de Souza, pelo seu amor, apoio e oração. A todos os tios e primos pela ajuda, incentivo e palavras de perseverança.

Ao Prof. Dr. Emanuel Gomes de Moura pela disponibilidade de orientação, por todo apoio e ensinamentos compartilhados. À Prof. Dr^a. Alana Aguiar por toda ajuda e incentivo a este trabalho. Às professoras Ana Maria Araújo e Alana das Chagas Ferreira Aguiar pelas contribuições na banca de qualificação e aos professores Fabrício Reis e Rosane Rodrigues pela disponibilidade e contribuições na banca de defesa. A toda a equipe do professor Emanuel pela ajuda e troca de experiências. Em especial ao César, Rones, Virley, Vinícius, Stéfanny, Ivana, Karina, Tarcísio, Jéssica, Ferreira, Thales, Adriano, Patrick e Régia. Aos amigos da Agronomia/UEMA pelas boas conversas e pelos momentos descontraídos: Joisse, Francilene, Jhonatan, Rodrigo e Rafaela.

Aos agricultores da Vila União em Chapadinha pelo apoio e, em especial, à família do senhor Nenzinho e ao senhor Francinaldo, por toda a ajuda na condução do experimento, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho e por sua receptividade e amizade. Aos alunos da Casa Familiar Rural de Chapadinha pelo acolhimento e ajuda durante o experimento e aos professores Joana, Anágila e Alberto por sua disponibilidade em ajudar. Ao mototaxista Francisval pela amizade construída durante as viagens para a Vila União. Também agradeço de todo o coração à Zuleide e aos senhores Francisco, Maria e Raimundo por todo o apoio e por sua amizade, que tornaram os dias de trabalho muito mais agradáveis.

À minha avó Francisca (mãezinha) por me acolher em sua casa durante o experimento, por sua tão agradável companhia e pelo seu incentivo à minha vida acadêmica. À minha prima Sandra Passos de Souza por sua parceria em Chapadinha, seu apoio e companhia que tanto me ajudaram neste período. Aos amigos de Chapadinha que sempre estiveram comigo torcendo e me apoiando ao longo desta jornada em especial ao Diôgo,

Franciclaudio, Sâmia, Conceição e João Pedro que tanto me ajudaram nos trabalhos de campo. Aos meus colegas de graduação Dansley, Bruno, Igor, Sabrina, Francisca, Mayara, Luana e Nayara e aos colegas do PPGCA-UFMA, em especial à Neliane, Dayana, Elaine, André e Elane.

Ao professor João Reis e à técnica Kellen por sua grande ajuda nas análises de laboratório e por sua imensa prestatividade e compromisso. Ao professor Josael pelo apoio nas análises de física do solo, por sua dedicação e empenho em ajudar.

Às professoras Mariléia Barros Furtado e Francirose Shigaki pelo apoio nas atividades na UFMA. Aos meus colegas de mestrado Erivaldo, Ana Carolina, Flaviana, Mauriana, Régilla, Larisse, Larissa e Esther pela amizade e experiências compartilhadas. Aos amigos doutorandos em Agroecologia Rones, Francisneide (Neide), Silver, Luís, Marcelo, Carol, Raimundo, Leonardo e Stefanía pelo compartilhamento de conhecimento e pela amizade construída. Aos funcionários que trabalham no setor de solos da UEMA, em especial ao Neto, Néia, Rayane, Denise, Paulino, João, Maria, Luís e Alzanira, por sua amizade e por toda a ajuda durante o período de mestrado.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia pelo conhecimento e experiências compartilhadas, de forma especial a Emanuel, Heder, Fabrício Francisca, Christoph e Tiago. À Universidade Estadual do Maranhão pela oportunidade de realizar um bom curso de mestrado e a CAPES pela disponibilidade de bolsa. A todos os amigos e colegas pela torcida, incentivo e oração

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Solo e clima tropical	14
2.2	Indicadores físicos do solo	15
2.3	Compacidade do solo e enraizamento	16
2.4	Eficiência do uso dos nutrientes (EUN)	17
2.5	Matéria orgânica do solo	17
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
	Introduction	23
	Material and methods	24
	Location and characterization of the experimental area	24
	Experimental Procedures	25
	Efficiency indices and yield analysis.....	27
	Samplings and soil analysis.....	28
	Results	29
	Soil quality physical indicators and their effects on corn yield.....	29
	Leaf area index, absorption, remobilization and nitrogen use efficiency.....	31
	Physical fractionation of organic matter and corn yield components in 2018	33
	Discussion	34
	Soil physical indicators and their effects on maize productivity.....	34
	Leaf area index, absorption, remobilization and nitrogen use efficiency in 2018.....	36
	Physical fractionation of organic matter and corn yield components in 2018.	38
	Conclusions	39
	References	40

LISTA DE FIGURAS

Figure 1 Dry biomass of the tree legume combinations applied to the soil between years 2010 to 2018.....	26
Figure 2 Penetration resistance after 7 days without rain at different depths.....	30

LISTA DE TABELAS

Table 1 Chemical characterization of tree legumes used for soil cover.	25
Table 2 Soil bulk density (DS), air capacity (AC) and total porosity (TP) (depth 0-20cm) in the experimental treatments.....	29
Table 3 Yield of corn (2010-2014, 2017) and cassava (2015) (Mg ha^{-1}) under different combinations of legume cover over the years.	31
Table 4 Leaf area index (LAI), nitrogen at tasseling (NT), nitrogen remobilized (NR), nitrogen post-tasseling (NPT), nitrogen in grain (NG), total nitrogen (TN) and contribution to the utilization of nitrogen (NC) in corn under different legume coverages.	32
Table 5 Organic nitrogen use efficiency (ONUE, %), inorganic nitrogen use efficiency (INUE, %) and nitrogen agronomic efficiency (EA, Kg ha^{-1}) in corn under different legume coverages.	32
Table 6 Mass of particulate fraction (MPF), particulate organic carbon (POC), organic carbon associated with minerals (COM), total organic carbon (TOC) and carbon stock (CS) of soil organic matter separated by physical fractionation in the 0-10 cm depth.	33
Table 7 Weight of ear (WE), number of grains ear (NGE), weight of 100 grains and weight of grains (WG) of corn in the treatments.	34

**EFICIÊNCIA DO USO DOS NUTRIENTES AFETADA PELOS
INDICADORES FÍSICOS DO SOLO**

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Na periferia da Amazônia brasileira uma combinação de fatores reduz a eficiência do uso dos nutrientes. Um deles é a coesão, causada por ciclos repetidos de umedecimento e secagem em solos com baixos níveis de ferro livre e carbono orgânico, o que reduz o volume de exploração do solo pelas raízes. Outro fator é a alta taxa de remoção de nutrientes do perfil devido à lixiviação e à baixa retenção de cátions (MOURA *et al.*, 2010).

O manejo sustentável destes solos requer técnicas diferenciadas devido às suas características e as condições ambientais predominantes. Os trópicos caracterizam-se pela intensa incidência de radiação solar, elevada pluviosidade, altas temperaturas e elevadas taxas de evapotranspiração, condições estas que dificultam o adequado uso dos nutrientes e o aumento da produtividade. Assim, torna-se necessário aumentar a eficiência do uso dos nutrientes para melhorar a sustentabilidade agrícola dos trópicos (MOURA *et al.*, 2013).

A eficiência do uso dos nutrientes pode ser definida como a produtividade obtida por unidade de fertilizante aplicado (MOURA *et al.*, 2012). Este conceito está baseado no ideal de produzir mais em uma menor área, aumentando a eficiência do sistema. Para tanto, nas condições tropicais, é preciso manejar o solo de modo a aumentar a disponibilidade de nutrientes por meio de maior retenção de cátions e da redução das perdas por lixiviação, escoamento superficial e erosão, as quais são comuns nestas regiões (MUSYOCA *et al.*, 2017).

O aumento da disponibilidade de nutrientes pode ser conseguido por meio do manejo da matéria orgânica do solo. Esta, por sua vez, aumenta a capacidade de troca de cátions, melhora a retenção de umidade, reduz a densidade do solo, estabiliza a temperatura e favorece o desenvolvimento dos microorganismos do solo (COELHO *et al.*, 2016). A matéria orgânica do solo auxilia na formação de uma estrutura efêmera capaz de melhorar a capacidade de aeração e fornecer um ambiente adequado ao desenvolvimento das raízes podendo aumentar, por consequência, a eficiência do uso dos nutrientes. Desta forma, acredita-se que os indicadores físicos do solo, tais como a resistência à penetração e capacidade de aeração, possam afetar a eficiência do uso dos nutrientes pelas culturas.

Existem diversas tecnologias que podem ser usadas para o manejo da matéria orgânica (COELHO *et al.*, 2016). O sistema de cultivo em aléias representa uma destas tecnologias, sendo caracterizado como o plantio de árvores ou arbustos, normalmente leguminosas, de diferentes qualidades de resíduos. Seus ramos são periodicamente cortados e depositados sobre o solo promovendo a sua cobertura e reciclagem de nutrientes. Entre as

fileiras de leguminosas são conduzidos os cultivos anuais que são beneficiados pelos efeitos positivos dos resíduos depositados no solo (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Considerando os benefícios da matéria orgânica sobre a estrutura do solo e, conseqüentemente, sobre o aumento da eficiência do uso dos nutrientes, é esperável a adoção de manejos que priorizem a sua produção e manutenção no solo. Nas regiões tropicais, especificamente, a adoção destes manejos é um desafio a ser enfrentado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Solo e clima tropical

Os solos tropicais caracterizam-se, sobretudo, como solos antigos, com mineralogia composta principalmente por caulinita. Tratam-se de solos intemperizados, com baixa concentração de ferro livre e de carbono orgânico. Alguns destes solos podem apresentar grande propensão à coesão, tornando-se muito densos quando secos (MOURA *et al.*, 2012). Muitos fatores ambientais típicos do trópico úmido, tais como umidade, disponibilidade de oxigênio e de nutrientes no solo e também altas temperaturas, aceleram a decomposição da matéria orgânica, tornando difícil o manejo destes solos com vista a aumentar a sua fertilidade (MOURA *et al.*, 2013).

Existem dois processos principais que são responsáveis pela baixa disponibilidade de nutrientes no trópico úmido. Primeiro a lixiviação dos nutrientes causada pelo intenso movimento da água ao longo do perfil e, segundo, a coesão do solo que quando seco dificulta o crescimento das raízes e a absorção de nutrientes, o que culmina em baixa produtividade (AGUIAR *et al.*, 2010). Assim, para aumentar a produtividade desses solos é necessário incrementar o conteúdo de carbono via aplicação de resíduos orgânicos. A importância do carbono orgânico do solo tem sido muito relatada na literatura (DAS *et al.*, 2016; OMARI *et al.*, 2016; BHARALI *et al.*, 2017; FORTE *et al.* 2017). Sua manutenção é vital para a continuidade da produção e sustentabilidade dos sistemas agrícolas ao longo prazo (DAS *et al.*, 2016).

A matéria orgânica desempenha efeitos positivos sobre a estrutura do solo, pois o aumento do seu conteúdo também potencializa a atividade biológica, contribuindo para uma maior estabilidade dos agregados (ZHU *et al.*, 2016). Fungo *et al.* (2016) reportam que a adubação verde com materiais mais recalcitrantes pode promover no solo efeitos mais duradouros e que a umidade do solo, bem como, substâncias extraídas de plantas e a fauna influenciam a estrutura do solo e a formação de agregados. Nesse sentido, a cobertura do solo

pode ser vista como uma alternativa válida de uso do solo devendo-se, entretanto, considerar também a qualidade dos resíduos adicionados. Quando estes resíduos apresentam baixa relação C: N e baixa concentração de lignina e polifenóis, são mineralizados rapidamente, e são classificados como resíduos de alta qualidade, ao passo que, os resíduos mais recalcitrantes, com elevada relação C: N e altas concentrações de lignina e polifenóis são mineralizados lentamente, sendo mais indicados para a manutenção da cobertura do solo e são classificados como resíduos de baixa qualidade. Desta forma, a cobertura do solo e a reciclagem de nutrientes são importantes para o manejo dos solos de muitas regiões tropicais, os quais requerem combinações adequadas de resíduos vegetais (AGUIAR *et al.*, 2010 a).

Em condições tropicais a decomposição dos resíduos de alta qualidade de leguminosas arbóreas pode promover um suprimento adequado de N e K. Assim, a combinação de espécies para cobertura do solo, que fornece resíduos de baixa e alta qualidade pode representar uma estratégia eficiente no aumento do crescimento radicular e no fornecimento de macronutrientes ao longo do ciclo da cultura (AGUIAR *et al.*, 2010 a).

2.2 Indicadores físicos do solo

A qualidade do solo está basicamente relacionada às suas funções que, por sua vez, determinam a sua habilidade em fornecer e suportar ecossistemas e serviços ecossistêmicos, os quais têm sido ligados ao bem-estar humano, porém, muitas vezes nos deparamos com dificuldades em quantificá-la (CORSTANGE *et al.*, 2017). Essa quantificação pode ser realizada a partir de parâmetros aplicados à qualidade física do solo, os quais podem ser divididos em indicadores de capacidade e indicadores de intensidade. Os indicadores de capacidade definem um *status* geral do solo, por exemplo, a composição de um dado volume, mas não a sua estrutura interna e função, enquanto os indicadores de intensidade incluem aspectos dinâmicos sobre tempo e espaço e também abrangem a quantificação da funcionalidade, bem como reações ou processos dos sistemas nas dadas condições ambientais. Os primeiros incluem, por exemplo, a densidade do solo e a capacidade de aeração e os segundos, a resistência mecânica (BERGAMIN *et al.*, 2015).

A densidade do solo é definida como a razão entre a massa do solo seca e a unidade de volume do solo e corresponde a um indicador que reflete a resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes. A capacidade de aeração é definida como a diferença entre o conteúdo de água volumétrica saturada e o conteúdo de água na capacidade de campo (BAGARELLO *et al.*, 2008). Aguiar *et al.* (2010 b) constataram que indicadores como

densidade do solo, porosidade total e capacidade de aeração são alterados mediante a aplicação de resíduos de leguminosas arbóreas. Estes autores destacaram entre os indicadores, a capacidade de aeração como de particular importância, já que esta tem efeito direto sobre a respiração das raízes. Moura *et al.* (2009) observaram melhorias na camada superior do solo mediante a aplicação superficial de resíduos de leguminosas de baixa qualidade, como o resultado do incremento do volume de solo disponível para o crescimento das raízes. O que leva a considerar que o efeito residual das leguminosas pode melhorar os indicadores de qualidade do solo.

A aplicação de resíduos vegetais no longo prazo pode modificar as propriedades físicas como resultado da contínua aplicação. O aumento da fração leve da matéria orgânica promove a formação de uma estrutura efêmera que melhora a capacidade de infiltração de água no solo, contribuindo para um crescimento radicular adequado (MOURA *et al.*, 2012). Cherubin *et al.* (2017) observaram no longo prazo um aumento da compactidade do solo e um decréscimo da capacidade de aeração com a conversão da vegetação nativa em pasto, o que sugere que o manejo inadequado do solo pode ter efeito significativo sobre a capacidade de aeração e, por consequência, afetar o crescimento vegetal e, conseqüentemente, a capacidade de absorção de nutrientes.

2.3 Compacidade do solo e enraizamento

As características físicas do solo interferem diretamente na produtividade e desempenho de qualquer cultura. A compactidade do solo é uma das mais importantes destas características e está relacionada à capacidade de exploração do solo pelo sistema radicular. Quanto mais denso ou compactado for o solo maior será a resistência à penetração (PAULUCIO *et al.*, 2014).

No cultivo do milho em solo compactado é comum que as plantas desenvolvam sistema radicular com maior desenvolvimento lateral em virtude da existência de uma camada de impedimento no solo. Como consequência, as plantas podem desenvolver-se de forma retardada, apresentando baixa estatura e com severa perda da capacidade produtiva (CALONEGO *et al.*, 2011). O aumento da densidade do solo pode resultar no fornecimento de ambiente anaeróbico para as raízes. O decréscimo no desempenho ocorre como resultado da redução da respiração e da capacidade de absorção do sistema radicular. Um ambiente anaeróbico também pode surgir em solos que permanecem alagados durante certo período em virtude da presença de camada compactada (SANTOS *et al.*, 2015).

2.4 Eficiência do uso dos nutrientes (EUN)

A Eficiência do uso dos nutrientes é um importante fator para o manejo bem sucedido dos solos propensos à coesão e sujeitos à lixiviação, que são comuns no trópico úmido (MOURA *et al.*, 2013). Esta eficiência pode ser definida como a produtividade alcançada por unidade de fertilizante aplicado (MOURA *et al.*, 2012).

As condições do solo apresentam correlação positiva com a eficiência do uso dos nutrientes (MOURA *et al.*, 2010). A capacidade de enraizamento no perfil afeta o potencial de absorção dos nutrientes e este potencial pode ser melhorado pelo uso dos resíduos vegetais como cobertura do solo (MOURA *et al.*, 2010; AGUIAR *et al.*, 2010 b). Práticas de cobertura do solo e reciclagem de nutrientes são cruciais para o adequado manejo dos solos de estrutura frágil, os quais são bastante representativos de muitas regiões dos trópicos e que devem ser manejados mediante a combinação ótima de resíduos de plantas, sendo comum o uso de leguminosas (AGUIAR *et al.*, 2010 b).

A adequada reciclagem de nutrientes pode prolongar os efeitos da adubação e calagem no sistema de cultivo em aléias (MOURA *et al.*, 2010). O suprimento de nutrientes adequado ao crescimento vegetal, conseguido por uma eficiente decomposição de resíduos e consequente liberação de nutrientes é primordial na fase de crescimento do cultivo (MOURA *et al.*, 2010).

2.5 Matéria orgânica do solo

Nos ecossistemas terrestres existe uma forte correlação entre a matéria orgânica do solo (MOS) e diversos processos químicos, físicos e biológicos. A matéria orgânica influencia de modo marcante a estrutura do solo, a taxa de infiltração e retenção de água, a atividade biológica, a capacidade de troca catiônica, a disponibilidade de nutrientes, dentre outros processos (PRADO *et al.*, 2016).

Os materiais mais recalcitrantes, tais como, detritos lenhosos também podem produzir concentrações significativas de MOS. Em ecossistemas florestais estes detritos são fonte de matéria orgânica e húmus para o solo (MAGALHÃES *et al.*, 2017). Assim, em sistemas agroflorestais os restos de galhos e ramos mais grosseiros também podem possivelmente contribuir para o aumento da MOS (MAGALHÃES *et al.*, 2017). As raízes do solo também podem contribuir significativamente nesse sentido. Essas raízes crescem e se decompõem no solo proporcionando a ciclagem de nutrientes e uma contribuição para a formação de matéria orgânica no solo (PRANSISKA *et al.*, 2017). Portanto, o crescimento

radicular vigoroso de culturas pode melhorar as condições do solo pelo aumento da matéria orgânica.

As frações da matéria orgânica podem ser quantificadas por métodos químicos ou físicos, dependendo do propósito da investigação. Os métodos físicos envolvem a separação dos constituintes da matéria orgânica de acordo com sua densidade relativa (densimetria). Existem basicamente duas frações bem conhecidas: a particulada e a oclusa. A primeira é uma importante fonte de nutrientes lábeis para as plantas, apropriada à rápida mineralização, enquanto a fração oclusa está associada com partículas minerais do solo, formando complexos organominerais. Contudo, mesmo a acumulação da fração oclusa depende de uma entrada da fração particulada e, dessa forma, a atividade dos organismos do solo e a relação C/N pode ser utilizada para se fazer inferências a respeito da qualidade do solo. A taxa de degradação da matéria orgânica exerce forte influência sobre a ciclagem de nutrientes como o nitrogênio e, por consequência, sua disponibilidade às plantas (PRADO *et al.*, 2016).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. C. F.; BICUDO, S. J.; SOBRINHO, J. R. S. C.; MARTINS, A. L. S.; COELHO, K. P.; MOURA, E. G. Nutrient recycling and physical indicators of an alley cropping system in a sandy loam soil in the pre-amazon region of Brazil. **Nutrient cycling agroecosystem**, p. 189- 198. Doi: 10.1007/s10705009. 2010 (b).

AGUIAR, A. C. F.; FREITAS, I. D.; CARVALHO, C. S.; MONROE, P. H. M.; MOURA, E. G. M. Efficiency of an agrosystem designed for family farming in the pré-amazon region. **Renewable agriculture and food systems**. Cambridge University. Doi: 10.1017/s17421705. 2010 (a).

BAGARELLO, V.; GIANGROSSO, A.; LOVINO, M.; SGROI, A. Soil physical quality in a Sicilian agricultural area. **Ciheam: options méditerranéennes**, p. 235-243, n. 84, 2008.

BERGAMIN, A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, F. R.; VENTUROSOS, L. R.; BERGAMIN, L. P. P.; CAMPOS, M. C. C. Relationship of soil physical quality parameters and maize yield in a Brazilian oxisoil. **Chilean journal of agricultural**, v. 75, n. 3, 2015.

BHARALI, A.; BARUAH, K. K.; BHATTACHARYYA, P.; GORH, D. Integrated nutrient management in wheat grown in a northeast India soil: Impacts on soil organic carbon fractions in relation to grain yield. **Soil & tillage research**, n. 168, p. 81-91. 2017.

CALONEGO, Juliano Carlos; GOMES, Thiago Carneiro; SANTOS, Carlos Henrique dos; TRITAN, Carlos Sérgio. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Biosci. j.**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 289-296, Mar./Apr. 2011.

CHERUBIN, M. R.; KARLEN, D. L.; FRANCO, A. L. C.; TORMENA, C. A.; CERRI, C. A. D.; CERRI, C. C. Soil physical quality response to sugarcane expansion in Brazil. **Geoderma**. 267. (2017) 156 – 168.

COELHO, M. J. A.; AGUIAR, A. C. F.; SENA, V. G. L.; MOURA, E. G. M. Utilization and fate of phosphorus of different sources applied to cohesive soil of Amazon periphery. **Scientia agricola**. 10.1590/1678992x (2016).

CORSTANGE, R.; MERCER, T. G.; RICKSON, J. R.; DEEKS, L. K.; NEWELL-PRICE, P. HOLMAN, I; KECHAVARSI, C; WAINE, T. W. Physical soil quality indicators for monitoring British soils. **Copernicus publication on behalf of European Geosciences Union**, v.8, p. 1003-1016, 2017.

- DAS, B.; CHAKRABORTY, D.; SINGH, V. K.; AHMED, M.; SINGH, A. K.; BARMAN, A. Evaluating fertilization effects on soil physical properties using a soil quality index in an intensive rice-wheat cropping system. **Pedosphere**. 26(6): 887–894. Doi: 10.1016/S1002-0160. 2016.
- FORTE, A.; FAGNANO, M.; FIERRO, A. Potential role of compost and green manure amendment to mitigate soil ghgs emissions in mediterranean drip irrigated maize production systems. **Journal of environmental management**. 192 p. 68 e78. 2017.
- FUNGO, B.; LEHMANN, J; KALBITZ, K.; THIONGO, M.; OKEYO, I.; TENYWA, M.; NEUFELDT, H. Aggregate size distribution in a biochar amended tropical ultisol under conventional hand-hoe tillage. **Soil & tillage research**. 165. p. 190-197. 2016.
- MAGALHÃES, T. M. Carbon stocks in necromass and soil pools of a Mozambican tropical dry forest under different disturbance regimes. **Biomass and bioenergy**, v.105, p.373-380, 2017.
- MOURA, E. G. M.; SERPA, S. S.; SANTOS, J. G.D.; SOBRNHO, J. R. S. C.; AGUIAR, A. C. F. Nutrient use efficiency in alley cropping systems in the amazon periphery. **Plant soil**. Doi: 10.1007/s11110401. 2010.
- MOURA, E. G.; MOURA, N. G.; MARQUES, E. S.; PINHEIRO; K. M.; SOBRINHO, J. R. S. Evaluating chemical and physical quality indicators for a structurally fragile tropical soil. **Soil use and management**. Doi: 10.1111/j.1475-2743. 2009.
- MOURA, E. G.; SENA, V. G. L.; CORRÊA, M. S.; AGUIAR, A. C. F. The importance of an alternative for sustainability of agriculture around the periphery of the amazon rainforest. **Recent patents on food, nutrition & agriculture**, p. 70-78, 2013.
- MOURA, E. G; OLIVEIRA, A. K. C.; COUTINHO, G.; PINHEIRO; K. M; AGUIAR, A. C. F. Management of a cohesive tropical soil to enhance rootability and increase the efficiency of nitrogen and potassium use. **Soil use and management**. Doi: 10.1111/j. 1475 – 2743. 2012.
- MUSYOKA, W. M.; ADAMTEY, N.; MURIOKI, A. W.; CADISCH, G. Effect of organic on nitrogen use efficiency of potato, maize and vegetables in the central highlands of Kenya. **European journal of agronomy**.1161-0301. 2017.
- OLIVEIRA, V. R.; SILVA, P. S. L.; PAIVA, H. N.; PONTES, F. S. T.; ANTÔNIO, R. P.. Growth of arboreal leguminous plants and maize yield in agroforestry systems. **Revista árvore**. Viçosa, MG, v. 40, n. 4, p. 679-688, 2016.

OMARI, R. A.; AUNG, H. P.; HOU, M.; YOKOYAMA, T.; ONWONA-AGYEMAN, S.; OIKAWA, Y.; FUJII, Y.; BELLINGRATH-KIMURA. Influence of different plant materials in combination with chicken manure on soil carbon and nitrogen contents and vegetable yield. **Pedosphere** .Soil Science Society of China. Doi:10.1016/S1002-0160 p. 510–521, 2016.

PAULÚCIO, F. F.; PEREIRA, R. S.; RIBEIRO, E. S.; ZAMBRZYCKI, G. C.; SOUZA, R. A. T. de M. Avaliação da compactação do solo em área de cerrado sensu stricto através do mapeamento da resistência à penetração. **Biodiversidade**, v.13, n.1, p.51, 2014.

PRADO, M. R. V. ; RAMOS, F. T.; WEBER, O. L. do S.; MULER, C. B. Organic carbon and total nitrogen in the densimetric fractions of organic matter under different soil management. **Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 263 – 273, abr. – jun., 2016.

PRANSISKA, Y.; TRIADIATI, T.; TJITROSOEDIRJO, S.; HERTEL, D.; KOTOWSKA, M. M. Forest conversion impacts on the fine and coarse root system, and soil organic matter in tropical lowlands of Sumatera (Indonesia). **Forest ecology and management** 379 (2016) 288–298.

SANTOS, M. H. F. dos; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; SILVA, O. C. C. da; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, A. A. da. Estimativa da compactação através da resistência do solo a penetração em solo sob diferentes culturas e mata nativa. **Revista científica eletrônica de agronomia**. n. 27. jul. 2015.

ZHU, Z.; ANGERS, D. A.; FIELD, D. J.; MINASNY, B. Using ultrasonic energy to elucidate the effects of decomposing plant residues on soil aggregation. **Soil & tillage research**. 167. 2016.

**NITROGEN USE EFFICIENCY AFFECTED BY SOIL
PHYSICAL INDICATORS**

CAPÍTULO II

Nitrogen use efficiency affected by soil physical indicators

ABSTRACT. Maintenance of soil coverage can be a valid alternative for reduction of compactness and leaching of nutrients in tropical soils. Nitrogen use efficiency (NUE) can be defined as the ratio between the productivity reached and the nitrogen dose applied. Alley cropping system with tree legumes may be a suitable management option to increase the NUE. The objective of this work was to evaluate the effect of the use of residues of tree legumes on the NUE and its relation with physical indicators of soil quality. The experiment was carried out in an alley cropping system implanted in 2009 in the eastern region of Maranhão, Brazil. Two tree species of high quality of residues were planted: leucaena and gliricidia and two tree species of low quality of residues: clitoria and acacia. Between the years 2010 to 2018 corn was sown between the rows of tree legumes and under its straw. In 2018, 10 treatments were established, which consisted of combinations of legumes with or without urea fertilization. Doses of the legume combinations were determined to provide 150 kg N ha⁻¹ via vegetables residues. Corn plants were collected at tasseling and maturity to determine the N content and NUE calculation. After harvest soil samples were collected with volumetric ring and the penetration resistance was determined with a digital penetrometer. Among the physical indicators of soil quality only the penetration resistance indicated differences between treatments, with the highest values in the control treatments. In general, the control treatments presented lower nitrogen accumulation and lower nitrogen use efficiency, as a result of the greater compactness of the soil and lower organic matter contents. Ground cover with tree legumes residues increases the nitrogen accumulation and nitrogen use efficiency through improvements in soil physical characteristics.

Keywords: Alley, plant nutrition, soil quality.

Introduction

In the humid tropics, environmental conditions and slash-and-burn agriculture lead to rapid soil nutrient loss and, as a consequence, low fertilizer efficiency, which contributes to the persistence of poverty and food insecurity (Leite et al., 2016). Due to the importance of nitrogen for agriculture, as a nutrient indispensable to photosynthesis, amino acid composition and linked to vegetative growth, nitrogen fertilization has been receiving interest from the scientific community due to the high nutrient losses in agricultural systems, generating financial costs and environmental problems (Du et al., 2016). Due to the great dynamics of nitrogen in the environment, farmers and researchers have sought ways to

35 increase the rational effect of nitrogen fertilization. From this concern, comes the concept of
36 nitrogen use efficiency, which is defined as the ratio between crop yield and nitrogen
37 supply (Dawson et al., 2008) and its increase has been a constant objective to be achieved in
38 sustainable agricultural systems.

39 The soil physical indicators can have an effect on the nitrogen use efficiency,
40 since they affect the root growth and, therefore, the nutrients potential absorption. These
41 indicators include aeration capacity and penetration strength. Root growth is indirectly
42 proportional to penetration strength and it is defined that values between 1.0 and 3.5 MPa
43 restrict root growth (Blainski et al., 2008). However, physical problems can be mitigated by
44 improvements in the root environment, which can be achieved in no-tillage systems. These
45 systems protect soil against rainfall impacts, reduce evaporation and promote the formation of
46 unstable aggregates by increasing the free fraction of soil organic matter (Moura et al., 2016).

47 Alley cropping system is a planting system in which trees, usually leguminous,
48 are combined with agricultural crops. At the time of cultivation, branches and leaves of the
49 leguminous are deposited on the soil surface and on the straw the crop is sown (Oliveira et al.,
50 2016). According to Moura et al. (2010), the alley cropping system with legumes should
51 provide adequate levels of residues in order to allow good soil cover between the lines while
52 maintaining or increasing the concentration of nutrients in the root zone.

53 Although much is known about the effects of organic matter on improving soil
54 quality, the reasons that explain these effects under tropical conditions are not yet fully
55 understood. Thus, we aim with the present study to evaluate the effect of soil cover, in alley
56 cropping system, on the nitrogen use efficiency. Our hypothesis is that the successive
57 application of legume residues in the system is able to increase the nitrogen use efficiency in
58 response to its positive effect on the physical characteristics of the soil and on the content of
59 organic matter.

60

61

Material and methods

62

63

Location and characterization of the experimental area

64

65

66

67

The study was carried in the settlement Vila União, located in the Chapadinha -
MA, Brazil (3°44'30 "S and 43°21'37"W) between the years 2010 and 2018. The region is
under semi-humid equatorial climate, with average temperature of 29°C and maximum of
37°C to 110 m of sea level. The rainy season occurs between december and may. The soil of

68 the experimental area is classified as Arenic Hapludult with 200 g kg⁻¹ of coarse sand, 480 g
 69 kg⁻¹ of fine sand, 70 g kg⁻¹ of silt and 260 g kg⁻¹ of clay and has been cultivated in
 70 recent years under no-till system under the arboreal leguminous straw. A surface liming
 71 with 1 Mg ha⁻¹ of dolomitic limestone with 279 and 78 kg ha⁻¹ of Ca and Mg, respectively, in
 72 the experimental area was performed, followed by a phosphating with 300 kg ha⁻¹ of triple
 73 superphosphate, before planting of arboreal leguminous for the establishment of the alley
 74 cropping system. In 2017 was applied in the experimental area 1 Mg ha⁻¹ of agricultural
 75 gypsum to increase the calcium content in the root zone without increase soil alkalinity.

76 Alley cropping system was installed in the experimental area in 2009 with spacing
 77 of 4.0 m x 0.5 m. Two arboreal species with high quality of residues were planted: leucaena
 78 (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) and gliricidia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex
 79 Walp) and two low - quality tree species: clitoria (*Clitoria fairchildiana* R. Howard) and
 80 acacia (*Acacia mangium* Willd), combined in parallel rows so that each parcel received the
 81 two residues simultaneously. Its chemical characterization is presented in Table 1. The
 82 experimental design for the system was randomized blocks with five treatments: clitoria +
 83 leucaena (CL); acacia + leucaena (AL); clitoria + gliricidia (CL); acacia + gliricidia (AG)
 84 and control (without leguminous) (T) and eight replications, with plots of 40 m².

85

86 **Table 1** Chemical characterization of tree legumes used for soil cover.

Legumes	C/N	N	P	K	Ca	Mg
g kg ¹						
Leucaena	11,48	43,53	2,71	6,72	3,80	3,69
Gliricidia	13,51	37,01	1,48	4,62	3,26	2,33
Clitoria	18,38	27,21	3,15	5,89	3,75	2,39
Acacia	23,45	21,32	2,57	4,22	2,99	2,09

87 Author: Souza (2013)

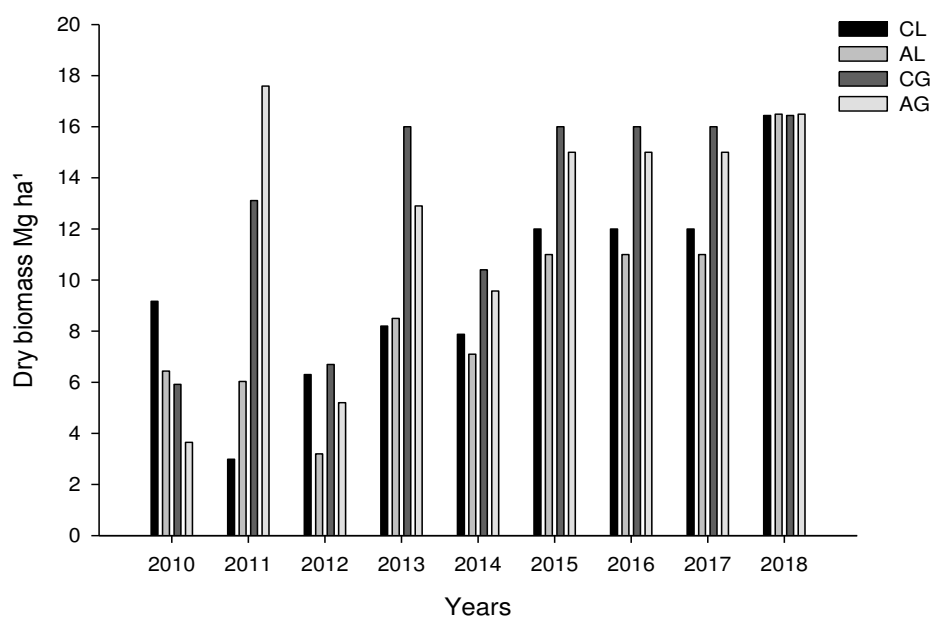
88

89

Experimental Procedures

90 At the beginning of the rainy season of the years 2010-2014 and 2017 the
 91 leguminous trees were pruned 50 cm above the soil surface. The branches and leaves were cut
 92 and weighed, so that the total nutrient content of the biomass could be estimated later. On the
 93 straw of legumes, corn was sown. The treatments received between 2010 and 2014 average
 94 doses of leguminous equivalent to 6.1; 6.3; 10.4 and 9.6 Mg ha⁻¹ for the treatments CL, AL,
 95 CG and AG respectively (Figure 1). In 2017 and 2018 the doses of the leguminous

96 combinations ranged from 11 to 16 Mg ha⁻¹ in order to provide a supply between 100 and 150
 97 kg N ha⁻¹ via leguminous residues, respectively.



98
 99 **Figure 1** Dry biomass of the tree legume combinations applied to the soil between years 2010
 100 to 2018.

101
 102 In 2018, just after the cutting and application of the biomass to the soil, the
 103 corn (cultivar 30f35 Pionner) was sown in the spacing of 0.90 m x 0.20 m. The planting
 104 fertilization consisted of the application of 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 60 kg ha⁻¹ of K₂O,
 105 using triple superphosphate and potassium chloride sources. At planting, only selected plots
 106 received 60 kg ha⁻¹ of N via urea. In the both four and eight-leaf stage fully developed, two
 107 nitrogen fertilization of coverage was performed employing a total of 70 kg ha⁻¹ N via urea,
 108 only in plots that received N at planting.

109 For this, in 2018, four plots of each treatment were randomly selected to be
 110 fertilized with nitrogen in the planting and covering, in order to compose a randomized block
 111 experiment with ten treatments and four replications. The treatments consisted of the
 112 combinations of leguminous with or without urea: clitoria, leucaena with
 113 urea (CLU); clitoria and leucaena (CL); acacia, leucaena with urea (ALU); acacia and
 114 leucaena (AL); clitoria, gliricidia with urea (CGU); clitoria and gliricidia (CG); acacia,
 115 gliricidia with urea (AGU); acacia and gliricidia (GA); control with urea (TN)
 116 and control (T). The doses of the leguminous combinations were determined to provide 150
 117 kg N ha⁻¹ via vegetables residues.

118

119

Efficiency indices and yield analysis

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

Tissue analyses of corn plants were carried out in 2018. Leaf area indices, dry matter and N content were determined in the tasseling and maturity stage. The leaf area indice (LAI) was obtained through the area of each leaf using the formula $0.75 \times length \times width$. The values of length and width were obtained from biometric measurements of leaves of ten plants randomly selected (Montgomery, 1911). Nitrogen contents and indexes were measured at two phenological stage, at tasseling (NT), (or at approximately one week before anthesis) and at physiological maturity (maximum N accumulation and dry matter in grains). Thus, three plants per plot were selected at random, being cut 5 cm above the soil surface and in the maturity stage of beyond the plants were also collected the grains. These materials were oven dried at 60°C for 3-4 days and then milled in Wiley type mill (stainless steel knives and chambers with 40 mesh sieve). A 0.2 g subsample of the ground vegetable material was submitted to the sulfur digestion method, according to the Kjeldahl procedure for the quantification of the total nitrogen content, being determined by titration with 0.05 N sulfuric acid according to the methodology described by Tedesco et al, (1995). Based on dry matter (DM) and N absorbed, was calculated:

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

- Content of N remobilized= *concentration of nitrogen in the plant at tasseling - concentration of nitrogen in the plant at maturation phase*;
- N content after tasseling= *nitrogen concentration at maturity - nitrogen concentration at tasseling stage*;
- Total N content= *nitrogen accumulation in the plant + nitrogen accumulation in the grains*;
- Organic nitrogen use efficiency= $((N \text{ accumulation in the parcel with vegetal residue} - \text{accumulation of N in the control}) \times 100) / N \text{ applied via vegetal residue}$;
- Inorganic nitrogen use efficiency= $((N \text{ accumulation in plot with urea} - N \text{ accumulation in plot without urea}) \times 100) / N \text{ applied via urea}$;
- Nitrogen agronomic efficiency= $((\text{grain production in the plot with urea}) / N \text{ applied via urea})$;
- Contribution to the utilization of nitrogen= $(N \text{ accumulation in plot with vegetal residue and urea} - N \text{ accumulation in plot with vegetal residue}) + (N \text{ accumulation in plot with vegetal residue} - N \text{ accumulation in control})$.

151 In May 2018 at the physiological maturity stage, the following yield components
 152 were determined: weight of 100 grains, weight of the grain of the ear, number of grain of the
 153 ear and total weight of grains. The weight of 100 grains and the weight of the ear were
 154 determined on a scale with accuracy of 0.0001 g. To determine the total weight of grains, a
 155 useful area of 5.4 m² was established, discarding the lateral rows of maize and also two meters
 156 of each end of the plot.

157

158

Samplings and soil analysis

159 In June 2018, soil samples were collected in the 0-10 cm layer for
 160 the physical fractionation of the organic matter, being realized the granulometric
 161 fractionation, adapted from Cambardella and Elliot (1992). Thus, 80 ml of
 162 hexametaphosphate were added to 20 g of air dried soil. After stirring for 15 hours, the
 163 sample was sieved in a 270 mesh sieve and rinsed several times with distilled water until
 164 removal of all the clay. The particulate material retained in the sieve, the particulate fraction
 165 (PF), was deposited in containers through water jets and then dried in an oven at 50°C until
 166 reaching constant mass. After drying, the material was weighed to determine the mass of the
 167 particulate fraction (MPF in g), then ground and homogenized. Then the ground material was
 168 titrated in ammoniacal ferrous sulphate solution to determine the carbon content of the
 169 particulate fraction (CPF), making it possible to calculate:

$$170 \quad \text{Particulate organic carbon (POC)} = (CPF \times MPF) / ps$$

171 Where *ps* is initial mass in grams. The total organic carbon content (TOC) was
 172 determined in the same way, however, without fractionation. The organic carbon content
 173 associated with minerals (COM) was determined by the difference between TOC (g kg) and
 174 POC (g kg).

175 Carbon stock was calculated with the data of soil density and total organic carbon,
 176 according to the equation:

$$177 \quad \text{Carbon stock (Mg ha}^{-1}\text{)} = (TOC \times SD \times e) / 10$$

178 Where *TOC* is total organic carbon content (g kg⁻¹), *SD* is soil density (kg dm⁻³)
 179 and *e* is thickness of the layer considered (cm) (Bayer et al., 2000).

180 In August of 2018, soil samples were collected using 100 cm³ cylinders, at 0-20
 181 cm depth using three replicates per plot. These were taken to the laboratory, saturated in
 182 water, weighed, placed on a tension table and equilibrated at 10 kPa. After weighing, each
 183 sample was dried in an oven at 105°C. Soil density (bp) was calculated as *m* / *v*, where "m" is

184 the dry soil mass at 105°C and "v" is the cylinder volume. The saturated volumetric water
 185 content was determined by the difference between the mass of the saturated sample and the
 186 mass of the dry sample. The total porosity (ϕ_t) was calculated through the soil density (ρ_b),
 187 assuming 2.65 t/m³ as the particle density (ρ_p), according to the equation: $\phi_t = [1 -$
 188 $(\rho_b / \rho_p)]$. The aeration capacity was calculated by the difference between the saturated
 189 sample in water and the sample equilibrated at 10 kPa.

190 The penetration resistance was measured at depths of 0-5, 5-10, 10-15 and 15 to
 191 20 cm realizing three replicates per plot at 7 days after rainfall in 2018. A digital penetrometer
 192 (Falker, Porto Alegre, Brazil) graduated in centimeters was used using the 1 MPa value as the
 193 critical limit. Soil moisture was measured by collecting soil samples from each plot on the
 194 respective day of penetration resistance evaluation. These samples were weighed, taken to the
 195 stove for drying to obtain their dry weight. The critical levels used to classify the penetration
 196 resistance values were based on the work of Hazelton and Murphy (2007). The data obtained
 197 through these evaluations were submitted to analysis of variance, with their means compared
 198 by the Duncan test at 5% probability. Statistical analyzes were carried out using
 199 InfoStat software (Infostat Group, College of Agrarian Sciences, National University of
 200 Córdoba, Córdoba, Argentina).

201

202

Results

203

Soil quality physical indicators and their effects on corn yield

204 Among the soil quality physical indicators only the penetration resistance
 205 indicated differences between treatments. There were no significant differences in the
 206 parameters of soil bulk density (DS), aeration capacity (AC) and total porosity (TP) among
 207 the evaluated treatments, as a result of the non-variation of their averages ($p = 0,9823$, $p =$
 208 0.3939 and $p = 0.2485$ for DS, AC and TP respectively) (Table 2).

209

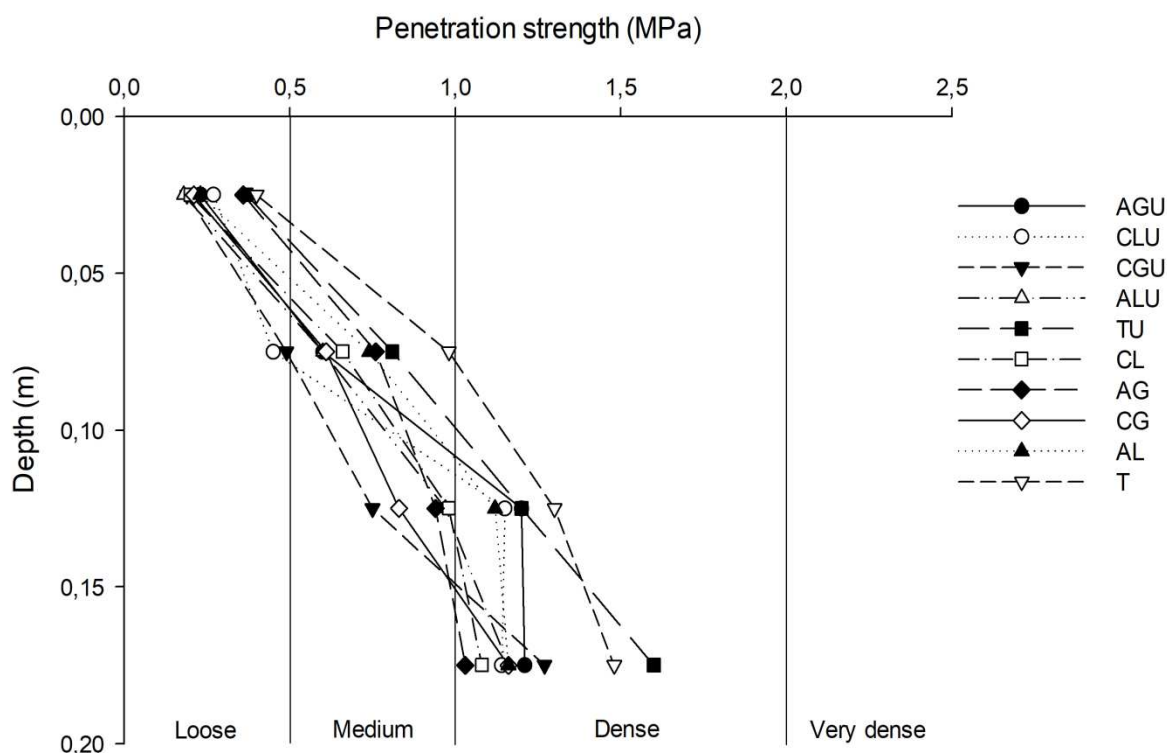
210 **Table 2** Soil bulk density (DS), air capacity (AC) and total porosity (TP) (depth 0-20cm) in
 211 the experimental treatments.

	CGU	CLU	AGU	ALU	CG	AL	CL	AG	TU	T
SD (m ³ m ⁻³)	1,46a	1,48a	1,45a	1,43a	1,45a	1,50 a	1,43a	1,44 a	1,45a	1,47 a
AC (m m ⁻³)	0,15 a	0,15 a	0,14 a	0,14 a	0,16 a	0,14 a	0,16 a	0,16 a	0,15 a	0,14 a
TP (m m ⁻³)	0,39 a	0,38 a	0,38 a	0,38 a	0,39 a	0,38 a	0,39 a	0,40 a	0,39 a	0,37 a

212 Means followed by different letter in the same row indicate significant difference at the 5% level by Duncan's
 213 test. AGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia+ gliciridia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CLU=16 Mg ha⁻¹ of
 214 dry matter from clitoria + leucaena and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from clitoria

215 + gliricídia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; ALU=16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia + leucaena and 130 kg
 216 ha⁻¹ of N from urea; TU= control, without residue with 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CL= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria +
 217 leucaena; AG= 16 Mg ha⁻¹ of acacia + gliricídia; CG= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria + gliricídia; AL= 16 Mg ha⁻¹ of
 218 acacia+ leucaena and T= control (CV= 6,22; 15,40 and 4,71% for SD, AC and TP, respectively).
 219

220 The values of penetration resistance after 7 days without rain found varied from
 221 0.18 to 1.60 MPa, with increasing tendencies with increasing depth. In general, they were
 222 higher in T, and significant, especially in the 5-10 cm layer, where their value corresponds to
 223 more than twice the CLU treatment (Figure 2).
 224



225

226 **Figure 2** Penetration resistance after 7 days without rain at different depths. AGU= 16 Mg ha⁻¹ of
 227 dry matter from acacia+ gliricídia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CLU=16 Mg ha⁻¹ of dry matter from clitoria +
 228 leucaena and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from clitoria + gliricídia and 130 kg
 229 ha⁻¹ of N from urea; ALU=16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia + leucaena and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; TU=
 230 control, without residue with 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CL= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria + leucaena; AG= 16 Mg ha⁻¹
 231 of acacia + gliricídia; CG= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria + gliricídia; AL= 16 Mg ha⁻¹ of acacia+ leucaena and T=
 232 control.
 233

234 Except in 2011, in all other years of cultivation the T treatment presented lower
 235 grain yield, which varied from 0.9 to 6.5 Mg ha⁻¹. In 2011, AL treatment presented yield
 236 below the control (AL = 3.8 and T = 4.3 Mg ha⁻¹). The control also showed a sharp fall in
 237 yield in the years 2012 and 2013 (1.0 and 9.0 Mg ha⁻¹ respectively) (Table 3). Considering the

238 years 2010 to 2014, an increase of approximately 30% in yield was possible with the CL and
 239 CG treatments, while for the control this increase corresponded to 23%.

240

241 **Table 3** Yield of corn (2010-2014, 2017) and cassava (2015) (Mg ha⁻¹) under different
 242 combinations of legume cover over the years.

Treatments	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017
CL	2,90 a	4,80 a	6,70 a	6,60 a	10,20 a	30,60 bc	10,10 a
AG	2,10 c	4,40 b	5,50 b	5,50 b	9,50 ab	18,60 d	9,20 a
CG	2,50 ab	4,80 a	6,20 a	6,20 a	8,30 b	36,60 ab	9,50 a
AL	2,30 c	3,80 c	5,40 b	5,40 b	8,50 b	23,60 cd	7,50 ab
T	1,50 d	4,30 b	1,00 c	0,90 c	6,50 c	43,60 a	5,50 b

243 CL= clitória and leucaena, AG= acácia and gliricidia, CG= clitoria and gliricidia, AL= acácia and leucaena and
 244 T= control, without legumes.

245 Authors: AGUIAR, A. C. F. e ALMEIDA (2017)

246

247 **Leaf area index, absorption, remobilization and nitrogen use efficiency**

248 The leaf area index was much higher in treatments that received urea, not
 249 statistically different from other. Meanwhile, in the treatments that did not receive it, there
 250 was a marked difference, being smaller in T and higher in CG ($p = <0.0001$, $CV =$
 251 7.97). Regarding the nitrogen absorbed at tasseling the highest contents were presented by
 252 CLU and ALU, corresponding to more than double hosted by TU. The treatments that
 253 received leguminous cover but did not receive
 254 urea were intermediates, highlighting CG, however, the control was lower than the others (p
 255 $= <0.0001$, $CV = 21.92$) (Table 4).

256 Highest contents of remobilized nitrogen were found in CLU and ALU
 257 significantly higher than TU. With the exception of AG, all treatments that included only
 258 leguminous residues were higher than T ($p = <0.0001$, $CV = 35.46$). Treatments that
 259 combined residues of leguminous and urea presented higher N content in the grains, differing
 260 substantially from TU. Among those who received only leguminous residues, only AL was
 261 similar to T ($p = <0.0001$, $CV = 15.99$).

262 Regarding the content of total N, high contents were verified in treatments that
 263 combined leguminous residues and urea and all were higher than TU ($p = <0.0001$, $CV =$
 264 14.46). Similarly, all who did not receive urea, showed higher N content in the grain
 265 compared to T. There was no difference between treatments for contribution to utilization of
 266 nitrogen.

267

268 **Table 4** Leaf area index (LAI), nitrogen at tasseling (NT), nitrogen remobilized (NR),
 269 nitrogen post-tasseling (NPT), nitrogen in grain (NG), total nitrogen (TN) and contribution to
 270 the utilization of nitrogen (NC) in corn under different legume coverages.

	AGU	CLU	CGU	ALU	TU	CL	AG	CG	AL	T
LAI (m ² m ⁻²)	2,88 a	2,85 a	2,96 a	2,80 a	2,74 a	2,14 c	2,33 bc	2,44 b	2,09 c	1,02 d
NT (Kg ha ⁻¹)	74,64 b	105,42 a	64,84 bc	115,82 a	56,16 bc	45,59 cd	31,61 d	63,91 bc	48,59 cd	10,81 e
NR (Kg ha ⁻¹)	38,60 c	69,15 ab	33,57 cd	82,74 a	29,71 cd	32,32 cd	15,42 de	47,07 c	49,07 bc	4,42 e
NPT (Kg ha ⁻¹)	79,97 a	45,44 b	89,69 a	38,92 bc	34,19 bcd	17,05 cd	45,74 b	20,41 cd	17,89 cd	15,37 d
NG (Kg ha ⁻¹)	126,34 a	114,59 a	123,26 a	120,68 a	71,25 b	51,23 b	61,15 b	67,49 b	57,82 b	19,79 c
TN (Kg ha ⁻¹)	154,62 a	150,85 a	154,53 a	153,76 a	90,34 b	62,63 c	77,35 bc	84,32 bc	66,59 c	26,19 d
NC (Kg ha ⁻¹)	128,43 a	124,67 a	128,34 a	127,57 a						

271 Means followed by different letter in the same row indicate significant difference at the 5% level by Duncan's
 272 test. AGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia+ gliricidia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CLU=16 Mg ha⁻¹ of
 273 dry matter from clitoria + leucaena and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from clitoria
 274 + gliricidia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; ALU=16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia + leucaena and 130 kg
 275 ha⁻¹ of N from urea; TU= control, without residue with 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CL= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria +
 276 leucaena; AG= 16 Mg ha⁻¹ of acacia + gliricidia; CG= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria + gliricidia; AL= 16 Mg ha⁻¹ of
 277 acacia+ leucaena and T= control.

278

279 Highest organic N use efficiencies were observed in CLU, AGU and ALU
 280 treatments (p = <0.0865, CV = 27.31) in relation to control. In relation to the inorganic N use
 281 efficiency, with the exception of CGU, all treatments that included urea and organic
 282 fertilization were higher than TU (p = 0, 1175, CV = 20, 06) (Table 5). With the exception of
 283 ALU, all other treatments that combined leguminous and urea presented higher agronomic
 284 efficiency than the control.

285

286 **Table 5** Organic nitrogen use efficiency (ONUE, %), inorganic nitrogen use efficiency
 287 (INUE, %) and nitrogen agronomic efficiency (EA, Kg ha⁻¹) in corn under different legume
 288 coverages.

	CLU	CGU	AGU	ALU	TU	CG	AG	CL	AL
ONUE	40,34 a	33,49 ab	42,85 a	42,28 a		38,76 ab	34,10 ab	24,30 b	26,93 ab
INUE	67,86 a	54,01 ab	69,31 a	67,06 a	49,35 b				
EA	102,92a	89,32 b	92,95 ab	81,66 bc	70,19 c				

289 Means followed by different letter in the same row indicate significant difference at the 5% level by Duncan's
 290 test. AGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia+ gliricidia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CLU=16 Mg ha⁻¹ of
 291 dry matter from clitoria + leucaena and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from clitoria
 292 + gliricidia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; ALU=16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia + leucaena and 130 kg
 293 ha⁻¹ of N from urea; CL= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria + leucaena; AG= 16 Mg ha⁻¹ of acacia + gliricidia; CG= 16 Mg
 294 ha⁻¹ of clitoria + gliricidia; AL= 16 Mg ha⁻¹ of acacia+ leucaena.

295

296 **Physical fractionation of organic matter and corn yield components in 2018**

297 Differences between treatments for particulate organic carbon were observed only
 298 between CL and controls (T and TU) ($p = 0.2205$, $CV = 28.73$). There was no significant
 299 difference between treatments for organic carbon associated with minerals ($p = 0.5564$, $CV =$
 300 34.28) (Table 6).

301
 302 **Table 6** Mass of particulate fraction (MPF), particulate organic carbon (POC), organic carbon
 303 associated with minerals (COM), total organic carbon (TOC) and carbon stock (CS) of soil
 304 organic matter separated by physical fractionation in the 0-10 cm depth.

	CLU	AGU	CGU	ALU	CL	AG	CG	AL	TU	T
MPF (g)	14,10 a	14,18 a	14,41 a	14,47 a	14,34 a	14,32 a	13,99 a	13,93 a	14,15 a	14,47 a
POC (g kg ⁻¹)	13,14 ab	12,74 ab	13,66 ab	14,27 ab	16,01 a	10,70 ab	12,32 ab	12,92 ab	9,91 b	9,91 b
COM (g kg ⁻¹)	10,79 a	11,49 a	10,88 a	9,21 a	7,70 a	13,98 a	12,69 a	11,99 a	11,66 a	10,14 a
TOC (g kg ⁻¹)	23,93 a	24,24 a	24,54 a	23,48 a	23,71a	24,68 a	25,01 a	24,90 a	20,47 b	20,05 b
CS (Mg ha ⁻¹)	35,32 ab	35,05 ab	35,86 a	33,63 ab	33,79 ab	35,29 ab	36,27 a	37,38 a	29,56 b	29,49 b

305 Means followed by different letter in the same row indicate significant difference at the 5% level by Duncan's
 306 test. AGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia+ gliricidia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CLU=16 Mg ha⁻¹ of
 307 dry matter from clitoria + leucaena and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from clitoria
 308 + gliricidia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; ALU=16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia + leucaena and 130 kg
 309 ha⁻¹ of N from urea; TU= control, without residue with 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CL= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria +
 310 leucaena; AG= 16 Mg ha⁻¹ of acacia + gliricidia; CG= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria + gliricidia; AL= 16 Mg ha⁻¹ of
 311 acacia+ leucaena and T= control.

312
 313 All treatments that received leguminous residues had higher total organic carbon
 314 content than control treatments ($p = 0.0081$ and $CV = 8.50\%$). There was no significant
 315 difference between treatment with coverage with or without urea. CGU, CG and AL
 316 presented higher carbon stock compared to controls.

317 The treatments that combined residues of leguminous and urea did
 318 not differ among them in weight of the ear, but were superior to the other
 319 treatments. However, CLU showed greater weight of ear than TU ($p = <0.0001$, $CV = 14.97$).
 320 Treatments with urea and leguminous did not differ among them in the number of grains per
 321 ear, however they were superior to the others. All treatments that received only leguminous
 322 residues presented higher number of grains per ear than the control treatment ($p = <0.0001$,
 323 $CV = 9.99$) (Table 7).

324
 325
 326

327 **Table 7** Weight of ear (WE), number of grains ear (NGE), weight of 100 grains and weight of
 328 grains (WG) of corn in the treatments.

	AGU	CLU	CGU	ALU	TU	CL	AG	CG	AL	T
WE (g)	207,44 ab	240,99 a	213,71 ab	219,97 ab	187,33 b	139,36 c	141,19 c	137,54 c	121,56 cd	86,42 d
NGE	582,25 a	632,00 a	584,75 a	594,00 a	559,75 a	438,75 b	475,50 b	422,50 b	418,25 b	306,00 c
W100 (g)	38,80 a	39,26 a	38,87 a	40,11 a	39,84 a	36,19 a	35,48 a	39,57 a	37,12 a	34,65 a
WG (Mg ha ⁻¹)	12,08 ab	13,87 a	11,61ab	10,62 bc	9,13 cd	8,15 de	4,96 f	6,58 ef	5,93 f	3,01 g

329 Means followed by different letter in the same row indicate significant difference at the 5% level by Duncan's
 330 test. AGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia+ gliricidia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CLU=16 Mg ha⁻¹ of
 331 dry matter from clitoria + leucaena and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CGU= 16 Mg ha⁻¹ of dry matter from clitoria
 332 + gliricidia and 130 kg ha⁻¹ of N from urea; ALU=16 Mg ha⁻¹ of dry matter from acacia + leucaena and 130 kg
 333 ha⁻¹ of N from urea; TU= control, without residue with 130 kg ha⁻¹ of N from urea; CL= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria +
 334 leucaena; AG= 16 Mg ha⁻¹ of acacia + gliricidia; CG= 16 Mg ha⁻¹ of clitoria + gliricidia; AL= 16 Mg ha⁻¹ of
 335 acacia+ leucaena and T= control.

336

337 There was no significant difference between treatments for weight of 100 grains
 338 (p = 0.4199; CV = 10.08). With the exception of ALU, all treatments that combined
 339 leguminous and urea had high grain productivity and higher than TU (p = <0.0001, CV =
 340 13.92). These treatments were also superior to the others. Among the treatments that did not
 341 receive urea, CL and CG presented higher grain yield, all which included legume cover were
 342 higher than T.

343

344

Discussion

345

Soil physical indicators and their effects on maize productivity

346 Soil cover with leguminous residues has been able to significantly improve soil
 347 physical indicators, with outstanding effects on penetration resistance. The absence of
 348 differences between treatments for aeration capacity and total porosity probably reflects
 349 effects that can not be expressed quantitatively, which is why they are often defined as
 350 capacity indicators or static indicators.

351 Significant differences in penetration resistance were observed in the layer of 5-10
 352 cm and 15-20 cm, in which the control treatments showed the highest values, attesting to the
 353 ability of the cover with leguminous to reduce the compactness of the soil. In general,
 354 leguminous combinations that included the clitoria were more efficient in reducing the
 355 compactness. Absence of statistical difference for soil density and presence in penetration
 356 resistance was observed by Costa et al. (2006). Little variation in soil density was observed by
 357 Lanzanova et al. (2007) and Freddi et al. (2009). Freddi et al. (2009) found little variation in
 358 soil density due to its small variation and low sensitivity to the management, as opposed to

359 the penetration resistance that is a more sensitive physical property for soil capacity
360 quantification, as reported by Streck et al. (2004) and Abreu et al. (2004).

361 Reductions in the values of penetration resistance as a result of the use of
362 vegetation cover were verified by Din et al. (2014) in his study in the Brazilian northeast
363 region. Green manure can improve physical soil properties as a reflection of increased soil
364 organic carbon and nutrient cycling (Xie et al. 2016). Bana et al. (2013) found that the use of
365 soil cover is efficient in maintaining soil moisture in the 20-60 cm layer and capable of
366 reducing penetration resistance during the vegetative stage to 10-30%.

367 In the layer of 5-10 cm with exception of CLU, the other
368 treatments presented penetration resistance considered as average. In the 15-20 cm layer the
369 control treatments (T and TU) reached values considered "dense", according to the
370 classification adopted by Haezelton and Murphy (2007). The value of 2.0 MPa ("very dense")
371 was not reached, probably due to the high humidity values found.

372 Reduction in the compactness provided by legume residues cover may be related
373 to the higher levels of organic carbon from successive years of no-till on leguminous
374 straw. The effects of organic matter on soil structure and moisture are well known, these
375 effects may have provided a reduction in penetration resistance. High soil compactness can
376 cause less root and aerial parts growth, which makes the plants more deficient in the capture
377 of resources, especially water and solar radiation, with marked effects on
378 productivity. Photosynthetic efficiency can be severely limited by compactness due to lower
379 leaf expansion (Wilson et al, 2013).

380 The successive and residual effects of the application of leguminous residues on
381 soil physical indicators were probably responsible for the increase in maize productivity in
382 covered plots over the years, even getting high yields starting at 2014. For the control
383 treatment, however, this increase did not persist, on the contrary, there was a decrease,
384 probably due to the depletion of organic matter and the high soil compactness, reducing corn
385 root and aerial growth.

386 Qamar et al. (2015) also found a positive effect of plant cover on grain yield and
387 water stress reduction. To maintain high productivities, ensure long-term soil fertility is a
388 prerequisite. However, to sustain fertility is essential that the organic matter and nutrients
389 removed by harvesting or through chemical processes, physical or biological agents in the
390 environment, to be offset by fertilizing, so that the *status* of organic matter is maintained and
391 the balance nutrients do not be negative (El Ramady et al., 2014).

392 However, exotic legumes used as cover can establish negative interactions with
393 crops, which vary with cultivated species and with predominant environmental conditions.
394 Allelopathic effects of these legumes were found by Pires et al. (2001) and Moura et al.
395 (2014). These effects explain the low performance of cassava cultivated under legume
396 residues in 2015.

397

398 **Leaf area index, absorption, remobilization and nitrogen use efficiency in 2018**

399 Nitrogen markedly affects chlorophyll production and the content and activity of
400 carboxylic enzymes, allowing greater leaf expansion (Bassi et al., 2018), so treatments that
401 received urea and leguminous residues had higher leaf area index. The lower value of LAI for
402 the control, between treatments that did not received urea, reflects the effect of the application
403 of leguminous residues on the vegetative performance.

404 Further leaf area index in treatments with leguminous residues were also observed
405 by Moura et al. (2018) in their study on improvement of soil characteristics in climatic and
406 experimental conditions similar to those of this study.

407 The combination of leguminous and urea was more effective in increasing N
408 content in tasseling compared to other treatments. These higher contents in relation to the TU
409 probably reflect a greater root development due to the growth in more permeable soil, which
410 enables the plants to be efficient in the use of nitrogen. In the treatments that did not receive
411 urea, in a similar way, the T treatment had the lowest average value.

412 The absorption of N by the vegetable is closely related to the capacity of
413 assimilation and incorporation of nitrogen compounds in its tissues. There are reports of
414 decreases in absorption resulting mainly from N losses in the system (Dawson et al.,
415 2008). Habbib et al. (2016) in their study in France, concluded that the continuous use of no-
416 till systems with maintenance of soil cover is a promising way to increase nitrogen use
417 efficiency of corn and, consequently, reduce the use and loss of nitrogen fertilizer without
418 damage to productivity.

419 In general terms, ALU and CLU presented the highest contents of
420 N remobilized. However, in relation to the accumulation of N in after tasseling, ALU and
421 CLU were similar to the control. High C/N ration present in the combinations with gliricídia,
422 possibly allowed a more gradual release of nitrogen, which would have caused a delay in
423 leave senescence, allowing them bigger nitrogen absorption capacity after tasseling. Nitrogen
424 remobilization may be influenced by nitrogen availability and the size of drain. Thus, in

425 nitrogen deficient conditions, the plants may exhibit greater remobilization as a result of
426 higher stock in the drain due to the deficiency.

427 Treatments that included leguminous and urea presented higher N content in the
428 grain and were statistically greater than TU, attesting once again the efficiency of the waste in
429 recovering the available nitrogen and supplying additional nitrogen, resulting in greater
430 accumulation. Increase of the nitrogen content in the plots that received leguminous can also
431 be explained by the high nutrient cycling potential of the leguminous. Dubeux Júnior et
432 al. (2017) report that leguminous trees are able to absorb nutrients from the deeper layers of
433 the soil and recycle them to the surface by modifying the environment of the rhizosphere.

434 Benefits of the association of green manures with urea fertilizer were also
435 reported by Xie et al. (2016), emphasizing that in addition to the possibility of increasing soil
436 organic matter content and total N, this combination may be beneficial to soil biology, for
437 example by improving the activity of mycorrhizal fungi and diverse microbial communities.

438 The CLU treatment provided changes in soil with regard to reduction
439 of penetration strength and increased organic carbon content, which probably allowed him
440 better both organic and inorganic N use efficiency and greater nitrogen agronomic efficiency.
441 Similarly, treatments that combined urea and legumes were more efficient in the inorganic
442 nitrogen use, as a reflection of better conditions in the root environment,
443 providing greater growth, increased absorption and reducing leach losses in the soil.

444 A large variation in INUE values between different genotypes is pointed out by
445 Gondwe et al. (2014), emphasizing that the nitrogen use performance also varies with the crop
446 genotype, in addition to the management practices, a reason that helps to understand
447 the different values of nitrogen use efficiency indicated for corn crop on literature. Klein et
448 al. (2016) classified ranges of nitrogen use efficiency for agriculture, emphasizing that values
449 above 90% are considered very high. The ideal NUE range according to the authors would be
450 between 50-90%, illustrating a balance between nitrogen inlet and outlet of the
451 system. Nitrogen use efficiency around 63% were verified by Almeida et al. (2018), between
452 39 and 52% were found by Alves et al. (2006), Gava et al. (2006) and Duete et al. (2008),
453 Moura et al. (2016) presented values between 41 and 48%.

454 The denser soils, on the other hand, when not covered with vegetation cover can
455 be damaging to the use of N, because they can, in certain circumstances, retain water in the
456 first centimeters of the profile, creating thus anaerobic conditions suitable for nitrogen loss by
457 denitrification. According to Barbieri et al. (2008), the nitrogen use efficiency is highly

458 influenced by the development and morphology of the root system, thus highlighting the need
459 for suitable soil conditions for the nitrogen fertilizer to be used efficiently.

460

461 **Physical fractionation of organic matter and corn yield components in 2018.**

462 The control treatments (T and TU) presented the lowest total organic
463 carbon contents. There was a moderate effect of the legume residues on the particulate
464 organic carbon content, also pointing to a result with the same observed pattern. Thus, the soil
465 cover with leguminous was able to increase the organic carbon content of the soil, as a
466 result of continuous application. Although the tropical conditions do not favor an expressive
467 accumulation of organic matter due to the rapid degradation of the residues, the
468 conservationist systems can reach a stable balance of organic matter, in which the carbon exits
469 are replaced by the continuous application of organic residues (Haynes et al., 2005).

470 Aguiar et al. (2010), studying six fractions of soil organic carbon, found a
471 reduction of organic carbon in the alley system compared to the secondary forest, however,
472 they pointed out that this reduction was higher in the conventional cultivation
473 system. Prado et al. (2016), in Brazilian tropical conditions, obtained values of organic carbon
474 ranging from 4.7 to 13.5 g kg in the light fraction and 6.1 to 16.8 g kg in
475 the heavy fraction and, therefore, are values that are close those of our study. The same
476 authors point out that even the heavy fraction depends on an input of the light fraction, so the
477 activity of the microorganisms can be used to make inferences about the quality of the soil.
478 They also reported that the degradation rate of the organic waste in different management are
479 a major influence on the cycling and availability of nutrients for plants.

480 It is also suggested the occurrence of a residual effect of combined leguminous,
481 particularly for combinations including clitoria, which helps explain the greatest effect of
482 these treatments on soil physical characteristics and the performance of corn. This residual
483 effect supposedly present in the treatments that included clitoria was certainly responsible for
484 the greater performance of these treatments in the corn yield components and, over the years,
485 this pattern was maintained.

486 The effects of soil organic matter on crop yield are also results of its activity on
487 soil physical properties, since physical problems represent one of the main causes of low
488 productive performance. Low organic matter contents decrease for example, soil structural
489 stability through increases in clay dispersibility (Schjonning et al., 2018). Achieving greater
490 carbon stock is a desirable goal in sustainable agricultural systems and has been found in

491 CGU, CG and AL, suggesting that soil cover, as well as greater plant development, can also
492 provide ecosystem services.

493 In 2018 high yields were achieved in treatments that combined use of leguminous
494 and fertilization with urea. The higher grain weight of CLU is a result of its higher ear weight,
495 as a response to lower values of penetration strength and higher organic matter contents,
496 which also allowed it to be more efficient in the nitrogen use. Similarly, among the treatments
497 that did not receive urea, the one with the highest grain weight was CL, corroborating the
498 hypothesis that this combination is the most efficient in terms of taking advantage of the
499 benefits of the alley cropping system compared to the others.

500 Control treatment in turn, had the lowest productivity, reflecting the smaller ear
501 weights and number of grains per ear in response to the lower content of organic carbon and
502 increased penetration strength, corresponding to the production systems where the
503 management of organic matter is not carried out and nutrient replacement through mineral
504 fertilization.

505 The significant increase in corn yield in the control (TU) between 2017 and 2018
506 was due to the application of gypsum in 2017 throughout the experimental area, which
507 allowed TU to take advantage of greater availability of calcium and sulfur and possibility of
508 greater root growth.

509 Increases in grain yield of corn in alley cropping system as a response to nitrogen
510 fertilization were observed by Rahman et al. (2009), emphasizing also the greater efficiency
511 of this system when nitrogen fertilizer is properly used.

512 Our results show that the combined use of leguminous residues and urea
513 fertilization is more efficient for tropical conditions. Leguminous residues are capable to
514 providing improvements in soil physical characteristics, in addition to the additional nitrogen
515 supply from biomass. Urea fertilization, in turn, fulfills the important role of providing
516 nutrients readily to the crop in the stages of greatest demands, being necessary, since only
517 vegetal residues are not sufficient to supply the needs of corn.

518

519

Conclusions

520 Greater nitrogen use efficiency is achieved with the use of soil cover with
521 leguminous combined with urea fertilization, resulting in higher productive performance.
522 These benefits of alley system are achieved by virtue of the improvement of the physical
523 indicators in the root environment, provided by the continuous application of biomass of the
524 arboreal leguminous.

525

526

References

527 Abreu, S. L.; Reichert, J. M.; & Reinert, D. J. (2004). Escarificação mecânica e biológica para
528 redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. *Revista brasileira de*
529 *ciência do solo*, n.28, p. 519-531.

530 Aguiar, A. C. F.; Freitas, I. D.; Carvalho, C. S.; Monroe, P. H. M.; & Moura, E. G. M. (2010).
531 Efficency of in agrosystem designed for familiy farming in the pré-amazon region. *Renewable*
532 *agriculture and food systems*. Cambridge University. Doi: 10.1017/s17421705.

533 Almeida, H. D. de (2017). *Produtividade e qualidade de mandioca com adubação verde e*
534 *aplicação de ácido húmico em solo tropical propenso à coesão*. Programa de Pós-Graduação
535 em Agroecologia – Universidade Estadual do Maranhão. (Dissertação). 66 p.

536 Almeida, R. E. M.; Favarin, J. L.; Otto, R.; Franco, H.; Reis, A. F. B.; Moreira, L. A.; &
537 Trivelin, P. (2018). Nitrogen recovery efficiency for corn intercropped with palisad grass,
538 *Bragantia*, v. 77, n.4, p. 557-566.

539 Alves, B. J. R.; Zotarelli, L.; Fernandes, F. M.; Heckler, J. C.; Macedo, R. A. T.; Boddey, R.
540 M.; Jantalia, C. P.; & Urquiaga, S. (2006). Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes
541 nitrogenados no balanço do nitrogênio em soja, milho e algodão. *Pesquisa agropecuária*
542 *brasileira*, v.41, p. 449-456.

543 Bana, S.; Prijono, S.; Ariffin; & Soemarno. (2013). The effects of soil management on the
544 availability of soil moisture and maize production in dry land, *Internaternational journal of*
545 *agricultural and forestry*, n.3, v.3, p. 77-85.

546 Barbieri, P.; Andrade, F.; & Echeverria, H. (2008). Nitrogen use efficiency in maize as
547 affected by nitrogen availability and row spacing. *Agronomy journal*, v. 100, n.4, p.1004-
548 1100.

549 Bassi, O.; Menoss, M. & Martiello, L. (2018). Nitrogen supply influences photosynthesis
550 establishment along the sugarcane leaf. *Nature*, DOI:10.1038/s41598-018-20653-1.

551 Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Amado, T. J. C.; Martin Neto, L.; & Fernandes, S. A. (2000).
552 Organic matter storage in a sand loan Acrissol affected by tillage end cropping systems in
553 southern brazil. *Soil and tillage research*, v.54, p. 101-109.

554 Blainsk, E.; Guimarães, R. M. L.; & Tormena, C. A. (2008). Quantifying soil physical
555 degradation through the soil penetration resistance curve. *Revista brasileira de ciência do*
556 *solo*, v. 32, p. 975-983.

557 Cambardella, C. A.; & Elliot, E. T. (1992) Particulate soil organic-matter changes across a
558 grassland cultivation sequence. *Soil science society. Am. J.* 56, p. 777-783.

559 Costa, E. A; Wenceslau, J. G; Sousa, & D. M. G de. (2006). Qualidade de solo submetido a
560 sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. *Pesquisa agropecuária*
561 *brasileira*, v.41, n.7, p. 1185-1191.

562 Dawson, J. C.; Huggins, D. R.; & Jones, S. S. (2008). Characterizing nitrogen use efficiency
563 in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-
564 imput and organic agricultural systems. *Field crops research*, n. 107, p. 89-101.

565 DIN, S. U.; HANIF, M.; & RAMZAN, M. (2014). Influence of tillage and mulching practices
566 on soil physical under semi-arida environment, *Journal of environment and earth science*, v.4,
567 n.9.

- 568 Du, X.; Chen, B.; Zhang, Y.; Zhao, W.; & Shen, T. (2016). Nitrogen use efficiency of cotton
569 (*Gossypium hirsutum* L.) as influenced by wheat-cotton cropping systems. *European journal*
570 *of agronomy*, n. 75, p. 72-79.
- 571 Dubeux Júnior, J. C. B.; Apolinário, V. X. O.; Nair, P. K. R.; Lira, M. A.; & Sollemlberger, L.
572 E. (2017). Tree legumes: na underexploited resource in warm-climate silvopastures, *Revista*
573 *brasileira de zootecnia*, v. 46, n.8, p. 689-703.
- 574 Duete, R. R. C.; Muraoka, T.; Silva, E. C.; Trivelin, P. C. O.; & Ambrosiano, E. J. (2008).
575 Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (^{15}N) pelo milho em latossolo
576 vermelho. *Revista brasileira de ciência do solo*, v. 32, p. 161-171.
- 577 El-Ramady, H. R.; Amer, M.; Alshaal, T.; & Szabolcsy, E. D. (2014). Soil quality and plant
578 nutrition, *Sustainable agricultural*, n.14, v.138.
- 579 Freddi, O. da S; Centurion, J. F; Duarte, A. P; & Leonel, C. L. (2009). Compactação do solo e
580 produção de cultivares de milho em latossolo vermelho. I- características da planta, solo e
581 índice. *Revista brasileira de ciência do solo*, n.33, p. 793-803, 2009.
- 582 Gava, G. J. C.; Trivelin, P. C. O.; Oliveira, M. W.; Heinrichs, R.; & Silva, M. A. (2006).
583 Balanço do nitrogênio da uréia (^{15}N) no sistema solo-planta na implantação da semeadura
584 direta na cultura do milho, *Bragantia*, v. 65, p. 477-486.
- 585 Gondwe, B. M.; Kalaluka, M.; Mweetwa, A. M.; & Phiri, E. (2014). Evaluation of maize
586 genotypes for nitrogen use efficiency, *Zambian journal of agricultural science*, v.10, n.2,
587 p.55-63.
- 588 Habbib, H.; Verzeaux, J.; Nivelle, E.; Roger, D.; Lacoux, J.; Catterou, M.; Hirel, B.; Doubois,
589 F.; & Tètu, T. (2016). Conversion to no-till improves maize nitrogen use efficiency in a
590 continuous cover cropping system, *Journal pone*, v.6, n.6.
- 591 Haynes, R. J. (2005). Labile organic matter fractions as central components of the quality of
592 agricultural soils: an overview. *Advanced in agronomy*, v. 87, 0065-2113.
- 593 Hazelton, P. & Murphy, B. (2007). *Interpreting soil test results*. What do all the numbers
594 mean? CSIRO Publishing: Clayton, Australia.
- 595 Klein, C. A. M.; Monaghan, R. M.; Alfaro, M.; Gourley, C.; Onema, O.; & Powell, M.
596 (2016). Realistic nitrogen use efficiency goals in dairy production systems a review and case
597 study examples. *International nitrogen iniciative conference, "solutions to improve nitrogen*
598 *use efficiency for the world"*, December.
- 599 Lanzasova, M. E; Silveira, R. da N; Lovato, T; Folleto, F. E. L.; Carneiro, T. J. A; & Reinert,
600 D. J. (2007). Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio
601 direto. *Revista brasileira de ciência do solo*, v.31, n.5, p. 1131-1140.
- 602 Leite, M. F. A.; Luz, R. L.; Muchavisoy, K. H. M.; Zelarayán, M. L. C.; Cardoso, E. G.;
603 Moraes, F. H.; Rousseau, G. X.; & Gehring, C. (2016). The effects of land use on
604 aboveground biomass and soil quality indicators in spontaneous forests of eastern Amazonia.
605 *Agroforestry systems*, v. 90, p. 1009-1023.
- 606 Montgomery, E. G. (1911). Correlation studies of corn. *Annual report*, n.24, p. 108-159.
- 607 Moura, E. G.; Gehring, C.; Braun, H.; Ferraz Júnior, A. S. L.; Reis, F. O.; & Aguiar, A. C. F.
608 (2016). Improving farming practices for sustainable soil use in the humid tropics and
609 rainforest ecosystem health, *Sustainability*, v. 8, n. 841.

- 610 Moura, E. G.; Portela, S. B.; Macedo, V. R. A.; Sena, V. G. L.; Sousa, C. C. M.; & Aguiar, A.
611 C. F. (2018). Gypsum and legume residue as a strategy to improve soil conditions in
612 sustainability of agrossystems of the humid tropics, *Sustainability*, v. 10, n. 1006.
- 613 Moura, E. G.; Marques, E. S.; Silva, T. M. B.; Piedade, A. R.; & Aguiar, A. C. F. (2014).
614 Interactions among leguminous trees, crops and weeds in a no-till alley cropping system.
615 *International journal of plant production*, n.8, v.4, p.441-456, 2014.
- 616 Moura, E. G.; Serpa, S. S.; Santos, J. G. D.; Sobrinho, J. R. S. C.; & Aguiar, A. C. F. (2010).
617 Nutrient use efficiency in alley cropping systems in the amazon periphery, *Plant and soil*, v.
618 335, p. 363-371.
- 619 Oliveira, V. R.; Silva, P. S. L.; Paiva, H. N.; Pontes, F. S. T.; & Antônio, R. P. (2016).
620 Growth of arboreal leguminous plants and maize yield in agroforestry systms. *Revista árvore*,
621 v.40, n.4, p. 679-688.
- 622 Pires, N. M.; Prates, H. T.; Pereira Filho, I. A.; Oliveira Júnior, R. S.; Faria, T. C. L. (2001).
623 Atividade alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. *Scientia agrícola*, v.58,
624 n.1, p.61-65.
- 625 Prado, M. R. V.; Ramos, F. T.; Webber, O. L. S.; & Muller, C. B. (2016). Organic matter and
626 total nitrogen in the densimetric fractions of organic matter under different soil management.
627 *Revista caatinga*, v.29, n.2, p.263-273.
- 628 Qamar, R.; Ehsanullah; Saqib, M.; Javeed, H. M. R.; Rehman, A.; Rehman, A.; & ALI, A.
629 (2015). Influence of tillage and mulch on soil physical properties and wheat yield in rice-
630 wheat system, *West African journal of applied ecology*, v.23, n.1, p. 21-38.
- 631 Rahman, M. A.; Miah, M. G.; & Yahata, H. (2009). Maize production and soil properties
632 change in alley cropping system at different nitrogen levels, *The agriculturists*, v.7, p.41-49.
- 633 Schjonning, P.; Jensen, J. L.; Bruun, S.; Jensen, L. S.; Christensen, B. T.; Munkholm, L. J.;
634 Oelofse, M.; Baby, S.; & Knudsen, L. (2018). The role of soil organic matter for maintaining
635 crop yields: evidence for a renewed conceptual basis. *Advances in agronomy*, ISSN 0065-
636 2113.
- 637 Souza, E. A. de. (2013). *Plantio direto na palha de leguminosas como estratégia para*
638 *melhorar a eficiência do uso de nutrientes em milho QPM*. Programa de Pós-Graduação em
639 Agroecologia – Universidade Estadual do Maranhão. (Dissertação). 66 p.
- 640 Streck, C. A.; Reinert, D. J.; Reichert, J. M.; & Kaiser, D. R. (2004). Modificações em
641 propriedades físicas do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto.
642 *Ciência rural*, n.34, p. 755-760.
- 643 Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohemem, H.; & Volkweis, S. J. (1995). *Análise*
644 *de solo, plantas e outros materiais*. (Boletim Técnico) 2 ed. Porto Alegre, Departamento de
645 solos, UFRGS, 174 p.
- 646 Wilson, M. G.; Sasal, M. C.; & Caviglia, O. P. (2013). Critical bulk density for a mollisol and
647 vertisol using least limiting water range: effect on early wheat growth, *Geoderma*, n. 192, p.
648 354-361.
- 649 Xie, Z.; Tu, S.; Shah, F.; Xu, C.; Chen, J.; Han, D.; Liu, G.; Li, H.; Muhammad, I.; & Cao, W.
650 (2016). Substitution of fertilizer –N by green manure improves the sustainability of yield in
651 double rice cropping system in south china, *Field crops research*, v. 188, p. 142-149.
- 652

ANEXO

(Normas da revista Acta Scientiarum. Agronomy)

Diretrizes para Autores

POLÍTICA DE ACESSO ABERTO

Acta Scientiarum. Agronomy é publicada sob o modelo Acesso Aberto e permite a qualquer um a leitura e download, bem como a cópia e disseminação de seu conteúdo de acordo com as políticas de copyright Creative Commons Attribution 3.0.

APCs (TAXA DE PROCESSAMENTO DE ARTIGO) E TAXA DE SUBMISSÃO

Acta Scientiarum. Agronomy não cobra aos autores qualquer tipo de taxa de submissão ou publicação.

POLÍTICA CONTRA PLÁGIO E MÁIS-CONDUTAS EM PESQUISA

Continuando nossa tradição de excelência, informamos as melhorias editoriais que visam fortalecer a integridade dos artigos publicados por esta revista. Em conformidade com as diretrizes do [COPE](http://publicationethics.org) (*Committee on Publication Ethics*), que visam incentivar a identificação de plágio, más práticas, fraudes, possíveis violações de ética e abertura de processos, indicamos:

1. Os autores devem visitar o website do COPE <http://publicationethics.org>, que contém informações para autores e editores sobre a ética em pesquisa;

2. Antes da submissão, os autores devem seguir os seguintes critérios:

- Com o objetivo de evitar a endogenia e diversidade dos autores publicados, exigimos que, após a publicação na revista, os autores aguardem, no mínimo, 1 ano até publicarem qualquer outro artigo no periódico.

- artigos que contenham aquisição de dados ou análise e interpretação de dados de outras publicações devem referenciá-las de maneira explícita;

- na redação de artigos que contenham uma revisão crítica do conteúdo intelectual de outros autores, estes deverão ser devidamente citados;

- todos os autores devem atender os critérios de autoria inédita do artigo e nenhum dos pesquisadores envolvidos na pesquisa poderá ser omitido da lista de autores;

- a aprovação final do artigo será feita pelos editores e conselho editorial.

3. Para responder aos critérios, serão realizados os seguintes procedimentos:

a) Os editores avaliarão os manuscritos com o sistema [CrossCheck](#) logo após a submissão. Primeiramente será avaliado o conteúdo textual dos artigos científicos, procurando identificar plágio, submissões duplicadas, manuscritos já publicados e possíveis fraudes em pesquisa;

b) Com os resultados, cabe aos editores e conselho editorial decidir se o manuscrito será enviado para revisão por pares que também realizarão avaliações;

c) Após o aceite e antes da publicação, os artigos poderão ser avaliados novamente.

INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS:

1. *Acta Scientiarum. Agronomy*, ISSN 1807-8621 (*on-line*), é uma publicação contínua da Universidade Estadual de Maringá.

2. A revista publica artigos originais em todas as áreas relevantes da Agronomia, incluindo ciência do solo, entomologia agrícola, fertilidade do solo e adubação, física do solo, fisiologia de plantas cultivadas, fitopatologia, fitossanidade, fitotecnia, gênese, morfologia e classificação dos solos,

manejo e conservação do solo, manejo integrado de pragas das plantas, melhoramento vegetal, microbiologia agrícola, parasitologia agrícola e produção e beneficiamento de sementes.

3. Os autores se obrigam a declarar que seu manuscrito é um trabalho original, e que não está sendo submetido, em parte ou no seu todo, à análise para publicação em outro meio de divulgação científica sob pena de exclusão. Esta declaração encontra-se disponível no endereço: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/about/submissions>.

4. Os dados, ideias, opiniões e conceitos emitidos nos artigos, bem como a exatidão das referências, são de inteira responsabilidade do(s) autor(es). A eventual citação de produtos e marcas comerciais não significa recomendação de seu uso por parte do Conselho Editorial da revista.

5. Os relatos deverão basear-se nas técnicas mais avançadas e apropriadas à pesquisa. Quando apropriado, deverá ser atestado que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Biossegurança da instituição.

6. Os artigos submetidos deverão ser em inglês.

7. Os artigos serão avaliados por, no mínimo, três consultores da área de conhecimento da pesquisa, de instituições de ensino e/ou pesquisa nacionais e estrangeiras, de comprovada produção científica. Após as devidas correções e possíveis sugestões, o artigo será aceito se tiver dois pareceres favoráveis e rejeitado quando dois pareceres forem desfavoráveis.

8. Os artigos deverão ser submetidos pela internet, acessando o **Portal ACTA**, no endereço <http://www.uem.br/acta>.

9. O conflito de interesses pode ser de natureza pessoal, comercial, política, acadêmica ou financeira. Conflitos de interesses podem ocorrer quando autores, revisores ou editores possuem interesses que podem influenciar na elaboração ou avaliação de manuscritos. Ao submeter o manuscrito, os autores são responsáveis por reconhecer e revelar conflitos financeiros ou de outra natureza que possam ter influenciado o trabalho. Os autores devem identificar no manuscrito todo o apoio financeiro obtido para a execução do trabalho e outras conexões pessoais referentes à realização do mesmo. O revisor deve informar aos editores quaisquer conflitos de interesse que poderiam influenciar sobre a análise do manuscrito, e deve declarar-se não qualificado para revisá-lo.

10. O texto em inglês dos artigos aceitos para publicação será submetido à correção do *American Journal Experts* e custeado pelos autores. (<http://www.journalexperts.com>).

11. Não serão aceitos manuscritos nos quais:

a) os experimentos de campo não incluam dados de dois anos ou de várias localidades dentro do mesmo ano;

b) a análise de dados obtidos de ambientes controlados seja limitada a apenas um experimento ou bioensaio, sem repetições durante o período;

c) os experimentos se refiram a apenas testes sobre a atividade de produtos químicos ou biológicos contra agentes bióticos ou estresses fisiológicos;

d) os experimentos com cultura *in vitro* sejam limitados ao melhoramento dos protocolos padronizados de cultura ou os que não forneçam novas informações no campo;

e) seus objetivos sejam limitados a registrar a primeira ocorrência de um organismo nocivo ao sistema ecoagrícola ou um estudo básico sobre os parâmetros biológicos do organismo sem uma definida indicação de como esse conhecimento poderia melhorar o manejo da praga no contexto local ou regional.

12. Estão listadas abaixo a formatação e outras convenções que deverão ser seguidas:

- a)** No processo de submissão, deverão ser inseridos os **nomes completos dos autores** (no máximo oito), **número identificador (ID) do ORCID**, seus endereços institucionais e o *e-mail* do autor indicado para correspondência.
- b)** Os artigos deverão ser subdivididos com os seguintes subtítulos: *Abstract*, *Keywords*, Introdução, Material e métodos, Resultados e/ou Discussão, Conclusão, Agradecimentos (opcional) e Referências. Esses itens deverão ser em caixa alta e em negrito e não deverão ser numerados.
- c)** O título, com no máximo vinte palavras, deverá ser preciso. Também deverá ser fornecido um título resumido com, no máximo, seis palavras.
- d)** O *Abstract* (200 a 300 palavras), deverá conter informações sucintas sobre o objetivo da pesquisa, os materiais experimentais, os métodos empregados, os resultados e a conclusão. Até seis *keywords* (recomenda-se não utilizar as palavras do título) deverão ser acrescentadas ao final do *abstract*.
- e)** Os artigos deverão ter de 12 a 20 páginas digitadas, incluindo figuras, tabelas e referências. Deverão ser escritos em espaço 1,5 linhas e ter suas páginas e linhas numeradas. O trabalho deverá ser editado no *Word*, ou compatível, utilizando fonte *Times New Roman*, tamanho 12.
- f)** O trabalho deverá ser formatado em A4 e as margens inferior, superior, direita e esquerda deverão ser de 2,5 cm.
- g)** O arquivo contendo o trabalho que deverá ser anexado (transferido), durante a submissão, não poderá ultrapassar o tamanho de 2 MB, nem poderá conter qualquer tipo de identificação de autoria, inclusive na opção propriedades do *Word*.
- h)** Tabelas, figuras e gráficos deverão ser inseridos no texto, logo depois de citados.
- i)** As figuras e as tabelas não deverão ultrapassar 17 cm de largura.
- j)** As figuras digitalizadas deverão ter 300 dpi de resolução e preferencialmente gravadas no formato jpg ou png. Ilustrações em cores serão aceitas para publicação.
- k)** Deverá ser adotado o Sistema Internacional (SI) de medidas.
- l)** As equações deverão ser editadas utilizando o *Equation Built* do *Word*.
- m)** As variáveis deverão ser identificadas após a equação.
- n)** Recomenda-se que os autores realizem a análise de regressão para fatores quantitativos.
- o)** Artigos de revisão poderão ser publicados mediante convite do Conselho Editorial ou Editor-Chefe da Eduem.
- p)** A revista aceita um índice máximo de 5% de autocitações e, ainda, recomenda que oitenta por cento (80%) das referências bibliográficas sejam de artigos listados na base *ISI Web of Knowledge*, *Scopus* ou *SciELO* com menos de 10 anos. Recomenda-se dar preferência às citações de artigos internacionais. Não serão aceitas nas referências citações de monografias, dissertações e teses, anais, resumos, resumos expandidos, jornais, magazines, boletins técnicos e documentos eletrônicos.
- q)** As citações deverão seguir os exemplos abaixo, que se baseiam na norma da *American Psychological Association* (APA). Para citação no texto, usar o sobrenome e ano: Lopes (2005) ou (Lopes, 2005); **para dois autores**: Souza e Scapim (2005) ou (Souza & Scapim, 2005); **para três a cinco autores** (1.^a citação): Venturieri, Venturieri, e Leopoldo (2013) ou (Venturieri, Venturieri, & Leopoldo, 2013) e, nas citações subsequentes, Venturieri et al. (2013) ou (Venturieri et al., 2013); **para seis ou mais autores**, citar apenas o primeiro seguido de et al.: Wayner et al. (2007) ou (Wayner et al., 2007).

MODELOS DE REFERÊNCIAS

Deverão ser organizadas em ordem alfabética, alinhamento justificado, conforme os exemplos seguintes, que se baseiam na norma da *American Psychological Association* (APA). Os títulos dos periódicos deverão ser completos e não abreviados e em itálico, sem o local de publicação. As referências deverão conter o DOI.

Artigos

Um autor

Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43. doi: 10.1017/S0021859605005708

Dois a sete autores (devem-se indicar todos os autores separados por vírgula, exceto o último que deve ser separado por vírgula seguido de &)

Caporusso, N. B., & Rolim, G. S. (2015). Reference evapotranspiration models using different time scales in the Jaboticabal region of São Paulo, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37(1), 1-9. DOI: 10.4025/actasciagron.v37i1.18277

Achten, W. M. J., Verchot, L., Franken, Y. J., Mathijs, E., Singh, V. P., Aerts, R., & Muys, B. (2008) *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, 32(12), 1063-1084. DOI: 10.7763/ijbbb.2013.v3.215

Oito ou mais autores (devem-se indicar os seis primeiros, inserir reticências e acrescentar o último autor)

Soares, M. A., Leite, G. L. D., Zanuncio, J. C., Sá, V. G. M., Ferreira, C. S., Rocha, S. L., ... Serrão, J. E. (2012). Quality Control of *Trichogramma atopovirilia* and *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) adults reared under laboratory conditions. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(2), 305-311. DOI: 10.1590/s1516-89132012000200018

Livros

Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics*. Edinburgh, SC: Addison Wesley Longman.

Kevan, P. G., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2006). *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature* (2nd ed.). Brasília, DF: Secretariat for Biodiversity and Forests.

Parra, J. R. P. (1991). Consumo e utilização de alimentos por insetos. In A. R. P. Panizzi (Ed.), *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas* (p. 9-65). São Paulo, SP: Manole.

Prazo médio entre submissão e publicação dos artigos publicados em 2016: 9 meses.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A contribuição é original e inédita e não está sendo avaliada por outra revista.
2. Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word, Open Office ou RTF (desde que não ultrapasse 2MB).
3. Todos os endereços de páginas da Internet, incluídas no texto (Ex: <http://www.eduem.uem.br>) estão ativos e prontos para clicar.

4. O texto está em espaçamento 1,5; usa uma fonte de 12-pontos Times New Roman; emprega itálico ao invés de sublinhar (exceto em endereços URL); com figuras e tabelas inseridas no texto, e não em seu final. No máximo **18** páginas.
5. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos em [Diretrizes para Autores](#), na seção Sobre a Revista.
6. A identificação de autoria deste trabalho foi removida do arquivo e da opção propriedades do Word, garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em [Assegurando a Avaliação por Pares Cega](#).
7. No processo de submissão, deverão ser inseridos os nomes completos dos autores, número identificador do ORCID, seus endereços institucionais e o *e-mail* do autor indicado para correspondência.

Declaração de Direito Autoral

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE E DIREITOS AUTORAIS

Declaro que o presente artigo é original, não tendo sido submetido à publicação em qualquer outro periódico nacional ou internacional, quer seja em parte ou em sua totalidade.

Os direitos autorais pertencem exclusivamente aos autores. Os direitos de licenciamento utilizados pelo periódico é a licença Creative Commons Attribution 3.0 (CC BY 3.0): são permitidos o compartilhamento (cópia e distribuição do material em qualquer meio ou formato) e adaptação (*remix*, transformação e criação de material a partir do conteúdo assim licenciado para quaisquer fins, inclusive comerciais).

Recomenda-se a leitura [desse link](#) para maiores informações sobre o tema: fornecimento de créditos e referências de forma correta, entre outros detalhes cruciais para uso adequado do material licenciado.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou à terceiros.