

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**GLOMALINA EM AGREGADOS DE SOLOS EM DIFERENTES
SISTEMAS FLORESTAIS E PASTO**

ALESSANDRO SANTOS

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL
AGOSTO-2018**

ALESSANDRO SANTOS

**GLOMALINA EM AGREGADOS DE SOLOS EM DIFERENTES
SISTEMAS FLORESTAIS E PASTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora: Profa. Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL
AGOSTO-2018**

S237g Santos, Alessandro.

Glomalina em agregados de solos em diferentes sistemas florestais e pasto. / Alessandro Santos, 2018.

56f.

Orientador (a): Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2018.

Inclui referências. 44 - 56.

1. Solo – Glioproteína. 2. Carbono. 3. Nitrogênio. 4. Agregação.
I. Gama-Rodrigues, Emanuela Forestieri da. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. III. T.

CDD: 631.4

ALESSANDRO SANTOS

**GLOMALINA EM AGREGADOS DE SOLOS EM DIFERENTES
SISTEMAS FLORESTAIS E PASTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Aprovada em 30 de agosto de 2018.

Comissão Examinadora:

Profa. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (D.Sc., Produção Vegetal) – UESB

Prof. Alessandro de Paula (D.Sc., Ecologia e Recursos Naturais) – UESB

Profa. Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues (D.Sc., Ciência do Solo) – UENF-RJ
Orientadora

Prof. Paulo Henrique Marques Monroe (D.Sc., Produção Vegetal) – UESB

Às minhas tão valiosas e importantes mães, que tanto amo, cuja participação foi essencial, pois sem elas teria sido muito difícil chegar até aqui.

À minha Iyàlòrisà, Lúcia de Oxum, minha mentora espiritual e minha mãe que sempre me amparou nos momentos mais difíceis e conturbados.

À minha linda avó (in memorian) Laurita que está muito orgulhosa de mim no bom lugar onde certamente ela se encontra.

Às minhas tão amadas amigas e irmãs Viviane Sales e Iara Dias pelo total apoio, amizade, amor...

Aos meus Òmóòns Òrísás (filhos de santo) que sempre estiveram comigo, me sustentando e me ajudando.

Ao grande ser que me guarda e protege Osóóssi Igbò.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Òlòòrún, Deus, pela presença constante em minha vida, pela sabedoria e paciência durante essa trajetória;

À minha família, pelo companheirismo, amor e dedicação durante todos esses anos;

À minha orientadora, Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues, pela orientação, paciência, dedicação, confiança e pelos ensinamentos de vida durante todo esse tempo.

Ao meu amigo, Paulo Henrique Marques Monroe, pela amizade nas horas difíceis e pela ajuda no esclarecimento de dúvidas durante a execução da dissertação.

Às queridas e estimadas amigas e pesquisadoras, Cristiane Figueira da Silva (pós-doutora da Embrapa Agrobiologia - RJ) e Lidiane de Lima Lousada (pós-doutora da UENF - Campos dos Goytacazes - RJ).

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Universidade Estadual Norte Fluminense - RJ e à Embrapa Agrobiologia - RJ, pelo apoio para a realização deste trabalho.

Aos amigos e colegas do setor de pesquisas com solos da UENF e do laboratório de pesquisas com fungos micorrízicos da Embrapa, por toda a ajuda na realização e condução do experimento, em especial à Laís Carvalho Vicente, Lidiane de Lima, Cristiane Figueira e Ruth de Abreu Araújo.

Aos colegas e amigos do mestrado, pelos bons momentos de estudo, descontração e amizade, em especial à Taciana Miranda Alves, Ariane Miranda de Oliveira, Nayane Amaral Santos, Mabel de Oliveira Santos e à saudosa Nice, funcionária da UESB que tanto me deu força e cafezinho ao longo desses dois anos.

À minha amiga Thaimara Gomes, pela parceria e amizade.

A Fabiano de Sousa Oliveira, pelo apoio e companheirismo.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pelos ensinamentos nas disciplinas cursadas;

À Fabrícia Teixeira Gomes, pela paciência, dedicação e socorro nos momentos de correria do dia a dia e, sobretudo, pela amizade.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

*A maior recompensa para o trabalho do homem
não é o que ele ganha, mas, sim, o que ele se
transforma com isso.*
John Ruskin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A: extração de solo sem fracionamento; B: visualização da diminuição de tonalidade até o amarelo-claro; C: extração da classe microagregado; D: extração da classe macroagregados..	16
Figura 2 – Curva padrão para quantificação de proteína através de BSA.....	17
Figura 3 – Quantidade de amostra por coloração.	18
Figura 4 – Placa com poços preenchidos, prontos para leitura em espectrofotômetro.	19
Figura 5 – Relação entre os valores de C e N e o DMP e GFE e entre DMP e GFE dos agregados dos solos sob um Argissolo Vermelho sob diferentes coberturas vegetais no Bioma Mata Atlântica. Os dados de GFE, C e N dos agregados foram as médias de cada	29

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Carbono e nitrogênio no solo e em classes de agregados: >2000 µm, 2000-250 µm e 250-53 µm em um Argissolo Vermelho sob diferentes coberturas vegetais no Bioma Mata Atlântica21
- Tabela 2** – Glomalina total (GT) em quatro frações do solo: amostra composta (sem peneiramento), macro (2000-250µm) e microagregados (250-53µm) e solo retido na peneira > 2 mm, em um Argissolo Vermelho sob diferentes coberturas vegetais no Bioma Mata Atlântica23
- Tabela 3** – Glomalina facilmente extraível (GFE) (mg g⁻¹) em quatro frações do solo: amostra de solo (sem peneiramento), macro (2000-250µm) e microagregados (250-53µm) e solo retido na peneira > 2 mm, em um Argissolo Vermelho sob diferentes coberturas vegetais no Bioma Mata Atlântica24
- Tabela 4** – CS: carbono do solo não fracionado; NS: nitrogênio do solo não fracionado; GT Solo: glomalina total do solo não fracionado; GFE Solo: glomalina facilmente extraível do solo não fracionado; Esporos do solo: esporos do solo não fracionado; **C >2000 µm**: carbono da classe macroagregado grande; **N >2000 µm**: nitrogênio da classe macroagregado grande; **GT >2000 µm**: glomalina total da classe macroagregado grande; **GFE >2000 µm**: glomalina facilmente extraível da classe macroagregado grande; **C Macro**: carbono do macroagregado; **N Macro**: nitrogênio do macroagregado; **GT Macro**: glomalina total do macroagregado; **GFE Macro**: glomalina facilmente extraível do macroagregado; **C Micro**: carbono do microagregado; **N Micro**: nitrogênio do microagregado; **GT Micro**: glomalina total do microagregado; **GFE Micro**: glomalina facilmente extraível do microagregado; **DMP**: diâmetro médio ponderado. Correlações destacadas em negrito são as correlações significativas24

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

C – Carbono

C Macro – Carbono do macroagregado;

C Micro – Carbono do microagregado;

COS – Carbono orgânico do solo;

COT – Carbono orgânico total;

CO₂ – Dióxido de carbono;

CS – Carbono do solo não fracionado;

C >2000 µm – Carbono da classe macroagregado grande;

DMP – Diâmetro médio ponderado;

ES – Esporos do solo não fracionado;

FMA's – Fungos micorrízicos arbusculares;

GFE Macro – Glomalina facilmente extraível do macroagregado;

GFE Micro – Glomalina facilmente extraível do microagregado;

GFE Solo – Glomalina facilmente extraível do solo não fracionado;

GFE >2000 µm – Glomalina facilmente extraível da classe macroagregado grande;

GT Macro – Glomalina total do macroagregado;

GT Micro – Glomalina total do microagregado;

GT Solo – Glomalina total do solo não fracionado;

GT >2000 µm – Glomalina total da classe macroagregado grande;

MO – Matéria orgânica;

MOS – Matéria orgânica do solo;

N – Nitrogênio;

NT – Nitrogênio total;

N Macro – Nitrogênio do macroagregado;

N Micro – Nitrogênio do microagregado;

NS – Nitrogênio do solo não fracionado;

N >2000 µm – Nitrogênio da classe macroagregado grande;

SF's – Sistemas florestais.

RESUMO

SANTOS, Alessandro, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, agosto de 2018. **Glomalina em agregados de solos em diferentes sistemas florestais e pasto**. Orientadora: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

Com o advento do crescimento rural, muitos problemas ambientais surgiram. Desta forma, no Norte Fluminense-RJ também se observa reflexos dessa expansão agropecuária no meio ambiente, pois fragmentos de Mata Atlântica foram desmatados para a implementação de pastos e culturas locais. É nessa perspectiva que estudos com leguminosas estão sendo realizados para tentar minimizar os impactos ambientais causados pelo extrativismo agropecuário descontrolado, recuperando, portanto, essas áreas degradadas. As pesquisas com sistemas florestais recuperados e/ou em recuperação são realizadas com diferentes variáveis que trazem benefícios para esses sistemas, dentre os quais se tem: esporos, glomalina, C, N, matéria orgânica, dentre outras. A glomalina, que é uma glicoproteína disponibilizada para o solo após o processo de morte das hifas de fungos micorrízicos, foi estudada nas diferentes classes de agregados dos sistemas de uso da terra (pastagem, capoeira, ingá, sabiá e acácia), localizados no município de Conceição de Macabú - RJ, na propriedade rural Fazenda Carrapeta, pois esta glicoproteína possui mecanismos biológicos e químicos que auxiliam no processo de agregação. Assim sendo, diferentes sistemas irão promover diferentes e relevantes níveis de glomalina, podendo interferir nas interações, bem como no processo de agregação do solo das distintas coberturas vegetais. Portanto o objetivo foi quantificar a glomalina nas classes de agregados sob diferentes Sistemas Florestais. As metodologias utilizadas foram: fracionamento do solo (GUPTA e GERMIDA, 1988); determinação de C e N do solo, método de combustão seca; a extração e quantificação de esporos foram realizadas através do método de imersão em solução de sacarose (EMBRAPA, 1997); a extração da glomalina foi realizada através do método de Wright e Upadhyaya (1998); a quantificação desta glicoproteína foi realizada através do método Bradford (1976). Os principais resultados não mostram diferenças significativas nas variáveis estudadas nos diferentes sistemas, mostrando uma similaridade e linearidade entre eles. Conclui-se, portanto, que o plantio de leguminosas florestais não alterou os valores de

glomalina no solo e nas classes de agregados < 2000 μm . A produção de GFE favoreceu a formação de microagregados e a redução de C e N dos agregados.

Palavras-chave: Carbono, nitrogênio, sistema de uso.

ABSTRACT

SANTOS, Alessandro, M.Sc., State University of the Southwest of Bahia, august 2018. **Glomalina in soil aggregates in different forest systems and pasture.**
Advisor: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

With the advent of rural growth, many environmental problems have emerged. This way, in North Fluminense-RJ, there are also reflections of this agricultural expansion in the environment, since fragments of Atlantic forest were deforested for the implementation of pastures and local cultures. In this perspective is that studies with legumes are being carried out to try to minimize the environmental impacts caused by the uncontrolled agricultural extractivism, thus recovering these degraded areas. The researches with forest systems recovered and / or recovered are carried out with different variables that bring benefits to these systems, among which are: spores, glomalina, C, N, organic matter among others. Glomalin, which is a glycoprotein made available to the soil after the death process of mycorrhizal fungi hyphae, was studied in the different classes of land use systems (pasture, capoeira, ingá, sabiá and acacia), located in the municipality of Conceição de Macabú - RJ, in the rural property Fazenda Carrapeta, because this glycoprotein has biological and chemical mechanisms that aid in the process of aggregation. Therefore, different systems will promote different and relevant glomalin levels, which may interfere in the interactions, as well as in the soil aggregation process of the different vegetation cover. Therefore, the objective was to quantify glomalin in the aggregate classes under different forest systems. The methodologies were: soil fractionation (GUPTA & GERMIDA, 1988); determination of soil C and N, dry combustion method; the extraction and quantification of spores were performed through the sucrose solution immersion method (EMBRAPA, 1997); glomalin extraction was performed by the method of Wright and Upadhyaya, 1998; the quantification of this glycoprotein was performed by the Bradford method, 1976. The main results do not show significant differences in the variables studied in the different systems, showing a similarity and linearity between them. Therefore, it is concluded that the planting of forest legumes did not alter the values of glomalina in the soil and in the classes of aggregates <2000 µm. The production of GFE favored the formation of microaggregates and the reduction of C and N of the aggregates.

Keywords: Carbon, nitrogen, land use system.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.2 Agregação e estabilidade do C no solo	7
2.3 Contribuição dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no solo	9
2.3.1 Glomalina: glicoproteína produzida pelos FMAs e seus efeitos na agregação	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Áreas estudadas e coletas de solo	13
3.2 Fracionamento do solo em classes de agregados (GUPTA e GERMIDA, 1998)	14
3.3 C e N do solo	14
3.4 Extração e quantificação de esporos de FMAs (EMBRAPA, 1997)	14
3.5 Extração da Glomalina total (GT)	15
3.5.1 Glomalina facilmente extraível (GFE)	17
3.5.4 Análises estatísticas	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5 CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores que tem causado grandes problemas ambientais durante décadas é o crescimento rural, mais especificamente a expansão da agricultura e agropecuária. No Norte Fluminense - RJ, essa realidade também ocorreu e atualmente permanece nos setores rurais da região (de início, principalmente, a criação de gado e, posteriormente, cultura da cana-de-açúcar e café, que foram as principais produções que elevaram a economia desse município) e que ainda se mantém até hoje. A floresta atlântica foi desmatada para a implementação dos pastos e culturas rurais locais (café e cana-de-açúcar, por exemplo), utilizando queimadas e derrubadas para limpar áreas (LAL e PIRCE, 1991; CARVALHO et al., 2010).

Muitos estudos estão sendo realizados para tentar minimizar os impactos causados por tais ações antrópicas, dentre os quais está a recuperação de áreas degradadas e/ou restauração das mesmas via implantação de áreas florestais com o cultivo de leguminosas de porte arbóreo. As leguminosas auxiliam na diminuição da emissão de gases poluentes, além de ser uma grande ferramenta que estoca C no solo (LAL e PIRCE, 1991; CARVALHO et al., 2010). Adicionalmente, segundo Cerri et al. (2001), a estocagem de C em sistemas florestais em regiões tropicais é cerca de 20 a 25% do percentual total de C terrestre mundial, fator que mostra a importância de se preservar sistemas florestais, bem como recuperar áreas degradadas.

Muitos estudos realizados, principalmente no Brasil, em relação ao estoque de C, vêm mostrando que sistemas florestais em regiões tropicais conseguem realizar essa estocagem em maior proporção, principalmente por consequência da maior deposição de biomassa vegetal nesses solos; o que ocorre de maneira contrária em sistemas agrícolas, que limitam a diversidade e o aumento dessa cobertura (LAL et al., 1995; KRISHNAMURTHY e ÁVILA, 1999).

Ndaw (2007) também sugere que as leguminosas ajudam a recuperar os sistemas onde estão inseridas, atuando na nutrição dos solos e na cobertura vegetal, pela sua capacidade de fixar N₂ atmosférico em simbiose com bactérias do

gênero *Rhizobium*, contribuindo para a manutenção e recuperação dos sistemas degradados.

O que mantém o fornecimento e o equilíbrio de nutrientes para o solo é a matéria orgânica (MO), de modo que em solos florestais, além de fornecer nutrientes, retém cátions, atua na estabilidade da estrutura, auxilia na aeração, retenção hídrica, infiltração e atividade microbiana, que está intimamente ligada à liberação de nutrientes através da decomposição realizada pelos microrganismos. Desta forma, a matéria orgânica do solo (MOS) atua como um componente que aumenta a capacidade produtiva dos solos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Outro fator crucial para o estoque de C é a agregação (GAMA-RODRIGUES et al., 2010), pois quanto mais MO for adicionada ao solo, maior será a atividade microbiana, produzindo exsudatos que atuarão diretamente na formação e na estabilidade dos agregados do solo. Os agregados ou partículas secundárias do solo são formados através da combinação de partículas minerais com substâncias orgânicas e inorgânicas e representam uma reserva significativa de C no solo, devendo ser considerados nos estudos de estoque de COS (MONROE, 2015). Segundo Gama-Rodrigues et al. (2011), estudando sistemas florestais de cacau, os macroagregados são uma reserva significativa de C, e podem representar em torno de 70% do COS acumulado até 100 cm.

Os elevados níveis de C estocados no solo, bem como dos agregados, podem ser provenientes também da ação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). As hifas destes fungos produzem a glomalina para sua proteção e atividades metabólicas. No entanto, quando estas hifas morrem, serão decompostas e esta glicoproteína que está aderida em suas paredes vai ser liberada para o solo, podendo ficar por muito tempo disponível (TREDER et al., 2004; WRIGHT et al., 1996; BENDINI et al., 2007; PURIN, 2005; RILLIG, 2007).

Pesquisadores dividiram essa glomalina em dois tipos: glomalina facilmente extraível (GFE), que está prontamente disponível para ser utilizada pelo sistema, podendo ser até considerada a porção mais lábil dessa glicoproteína; e glomalina total (GT), que é a fração dessa glicoproteína que permanece por mais tempo no solo. Esta última atua como uma reserva, sendo utilizada em médio e longo prazo em relação à GFE, podendo também ser considerada uma fração mais recalcitrante.

Esta glicoproteína tem ação cimentante nos agregados do solo. Assim, níveis de glomalina encontrados nas classes de agregados apresentam relação positiva com o aumento no estoque de COS, demonstrando que, quanto mais há decomposição das hifas, mais haverá liberação de glomalina, de modo que tanto as hifas quanto a referida glicoproteína são fontes naturais de C para o solo (SILVA, 2016; WV et al., 2014; XIE et al., 2015; COGO, 2016). Silva (2016) mostrou que maiores níveis de glomalina são encontrados em macroagregados e menores em microagregados do solo em diferentes sistemas de manejo.

Vários fatores podem alterar as quantidades de glomalina no solo. Segundo Nichols e Wright (2005), solos muito argilosos podem diminuir substancialmente a quantidade de glomalina, uma vez que estes solos ricos em argila terão maior proteção física dentro dos agregados, portanto dificultam a ação cimentante destas proteínas, diminuindo a estocagem de C, ficando, portanto, esta proteína dispersa no ambiente.

Essa pesquisa faz parte de uma série de trabalhos sobre biodiversidade do solo, estoque de carbono e agregação em sistemas florestais. Estes trabalhos apontaram para o seguinte questionamento: a formação de agregados destes solos está relacionada apenas à acumulação significativa de matéria orgânica? Como são sistemas florestais que mantêm a sua biodiversidade (bactérias, fungos, micro, meso e macrofauna) tanto no solo quanto na serapilheira, alguns destes organismos teriam alguma contribuição na formação dos agregados destes solos? Assim, surgiu o interesse de compreendermos de forma mais detalhada a agregação nesses solos.

Considerando que sistemas florestais, por manterem uma associação simbiótica com os FMAs apresentam uma produção de glomalina favorecendo a agregação nestes solos, é que surgiram as seguintes hipóteses: os diferentes sistemas florestais irão promover variação na quantidade de glomalina produzida em suas diferentes classes de agregado; as concentrações de glomalina encontradas têm relação direta com os teores de C e N das classes de agregado; e, maiores quantidades de glomalina estão associadas à macroagregação destes solos. A pesquisa teve por objetivo quantificar a glomalina nas classes de agregados sob diferentes Sistemas Florestais, que se desdobrou nos seguintes objetivos específicos: avaliar o efeito dos diferentes sistemas florestais na produção de glomalina; correlacionar os níveis de glomalina encontrados com os níveis de C e N

presentes nos solos e classes de agregados e quantificar os esporos do solo e correlacionar com os níveis de glomalina, C e N encontrados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas Florestais de leguminosas: alternativa para recuperação de áreas degradadas e pastagens

Com o advento do crescimento rural nos seus mais diversos campos de cultivo, grande parte das florestas brasileiras foi desmatada. No Norte Fluminense-RJ, ocorreu da mesma forma, especificamente para a implementação da cultura do café e cana-de-açúcar, além da implantação de pastos para o desenvolvimento da pecuária, por meio de queimadas e desmatamento, principalmente de fragmentos da floresta atlântica (GAMA-RODRIGUES et al., 2008; LAL e PIRCE, 1991; CARVALHO et al., 2010). Sendo assim, muitos estudos estão sendo realizados com o objetivo de reduzir os impactos causados ao meio ambiente por consequência desta retirada da cobertura vegetal demasiada.

Nesse intuito é que leguminosas, principalmente de porte arbóreo, vêm sendo utilizadas para a criação de sistemas florestais, pois são potentes mecanismos biológicos para a recuperação de áreas degradadas, o que ajuda a diminuir a emissão de gases poluentes, que potencializam o efeito estufa e aumentam o aquecimento global, além de ser uma grande ferramenta que captura o C atmosférico (GAMA-RODRIGUES et al., 2008; LAL e PIRCE, 1991; LAL, 2005 CARVALHO et al., 2010).

Os plantios de leguminosas, bem como o crescimento das suas raízes, conseguem diminuir a erosão do solo e reduzir a perda de C do sistema, além de melhorar a fertilidade do solo, por meio da decomposição da MO fornecida por essas plantas, fator importante, onde parte considerável do C orgânico é encontrada na MOS; melhora também as propriedades físicas do solo e beneficia, de modo geral, a atividade biológica do sistema (GAMA-RODRIGUES et al., 2008; LAL e PIRCE, 1991; CARVALHO et al., 2010).

Os vegetais conseguem fixar o C por meio da fotossíntese, formando, portanto, a biomassa vegetal. Com o crescimento das plantas, essa biomassa retorna para o solo, na forma de serapilheira, que entrará no processo de decomposição e ciclagem de nutrientes, reabilitando as áreas degradadas, pois a

relação simbiótica entre essas plantas e microrganismos oferece benefícios para todo o sistema: estabelecimento da cobertura vegetal, estabilidade para o solo, atuando, também, como catalizadores das importantes funções ecológicas (COSTA et al., 2004; GAMA-RODRIGUES et al., 2008; LAL e PIRCE, 1991; CARVALHO et al., 2010). Segundo Ndaw (2007), plantios de acácia e sabiá desenvolvem satisfatoriamente os eventos mencionados, evidenciando esses plantios como uma boa alternativa de recuperação de áreas degradadas.

Gama-Rodrigues et al. (2008), estudando sistemas florestais (SFs) de acácia, sabiá, capoeira, ingá e um sistema de pastagem, verificaram que o início do crescimento das leguminosas acácia e sabiá beneficia a fertilidade do solo, concluindo que esses gêneros são promissores para manter a estabilidade e fertilidade existentes nesse solo, haja vista a correlação entre esses dois mecanismos, o que embasa ainda mais a afirmação de Ndaw (2007), no parágrafo anterior.

Nesse mesmo estudo, Gama-Rodrigues et al. (2008) ainda concluem que essas leguminosas se destacam mais como promissoras em beneficiar a fertilidade do solo do que a capoeira (sistema florestal em estágio secundário). Nesse sentido, esse estudo evidencia os sistemas florestais de acácia e sabiá, nesse caso, como agentes importantes para a manutenção do solo.

Araújo Filho et al. (2007) reafirmaram a eficácia do uso das leguminosas para a recuperação de solos degradados afirmando que este cultivo, por meio da biomassa, consegue recuperar a fertilidade do solo e a MO. Do ponto de vista econômico, esses sistemas agregam baixo custo e facilidade de manejo.

Essas árvores e os solos florestais conseguem estocar níveis de C maiores do que o próprio C atmosférico, por isso sua importância em equilibrar os estoques de C total, e caso esses indivíduos arbóreos sejam retirados, sem controle e manejo adequados, esse C estocado será liberado para a atmosfera através da decomposição ou queimadas (HOUGHTON, 1994).

Segundo Arevaldo et al. (2002), florestas em estágios secundários e jovens conseguem fixar mais carbono, já as florestas primárias e plantações mais velhas se equilibram através da absorção de C, utilizando, principalmente, o C liberado por meio da decomposição de resíduos vegetais vindos destas florestas, capturando o

dióxido de carbono (CO₂) atmosférico na fotossíntese, que nutrirá as plantas e beneficiará seu crescimento.

Diante do contexto apresentado, fica clara a importância de estudar os sistemas florestais de leguminosas, matas em sucessão, pastagens entendendo o quanto estes sistemas e os seus solos são beneficiados e atuam, em contrapartida, como reservas e fontes de C e N.

2.2 Agregação e estabilidade do C no solo

Os problemas ambientais que ocorrem no planeta acentuam a importância de se estudar mecanismos que diminuam estes impactos. Sendo assim, é crucial estudar a fixação de C no solo, pois, segundo Lal (2004), essa estocagem e/ou fixação promoverá a redução do efeito estufa, vindo a refletir na estabilidade do solo, pois contribuirá na estrutura física dele, porque haverá uma melhor agregação, além de aumentar a porosidade, melhor armazenamento e distribuição hídrica ao longo do solo, viabilizando o crescimento das plantas e da cobertura vegetal.

Diante desse contexto, solos que apresentam grande atividade de decomposição e ciclagem de nutrientes podem conseguir estocar C de forma mais eficiente, fator que reduz os níveis de CO₂ da atmosfera e também contribui com o aumento da qualidade da água e do solo, refletindo numa melhor produção florestal, sobressaindo a importância da estabilização do C para o solo e o ecossistema como um todo (LAI, 2004; GOMES, 2014).

O processo de estabilização do COS ocorre de três formas: química, bioquímica e física:

- estabilização química: associação do C com a fração silte+argila, formando os argilorgânicos, que são compostos complexos que estabilizam o C no solo (SILVA e MENDONÇA, 2007);
- estabilização bioquímica: esta estabilização, de maneira geral, é complexa, pois está ligada à deposição de compostos orgânicos no solo e com a composição química destes. Tais compostos são substâncias recalcitrantes como a lignina, compostos fenólicos e taninos, que fazem parte da formação destes materiais orgânicos, portanto esta estabilização acontece por conta da recalcitrância destes compostos.

Desta forma, de acordo com a decomposição seletiva dos microrganismos, estes compostos permanecem preservados no solo, auxiliando nos processos de manutenção da matéria orgânica (MO) (SIX et al., 2002; SILVA e MENDONÇA, 2007);

- estabilização física: esta estabilização está relacionada aos agregados do solo, de maneira que este processo ocorre devido à proteção que estes agregados conferem à matéria orgânica do solo.

O processo de adesão das partículas minerais através de agentes cimentantes que formam os agregados é que caracteriza esta estabilização. Ao manejar adequadamente o solo, altas são as chances de manter esta proteção e estocar C (BRONICK e LAL, 2005; SIX et al., 2004).

De maneira geral, estes agregados de solo formam uma barreira física impedindo que microrganismos atuem neste solo, evitando a liberação do C, ficando mantido no solo. Pode-se afirmar, portanto, que quanto mais estabilizados estiverem os agregados, mais estruturado é o solo, confirmado quando há níveis elevados de C no solo (SIX et al., 2000).

Os agregados do solo são formados a partir da reunião de partículas minerais (areia, silte e argila) e matéria orgânica, que possuem ação cimentante. As hifas fúngicas também têm um papel relevante na formação dos agregados do solo. Assim sendo, esses agregados juntos, mantendo interações químicas, físicas e biológicas com o ambiente, formam, portanto, o que se denomina solo (BLANCO CANQUI e LAI, 2004).

Vários são os fatores que atuam no processo de formação e estabilização destes agregados, desde as funções microbiológicas, interações das raízes vegetais, até características do ambiente (temperatura, umidade) (SIX et al., 2004).

Estas classes de agregados são separadas por tamanho, através de fracionamento. Portanto, são observados: macroagregados (2000-250 μm), microagregados (250-53 μm) e silte+argila (<53 μm). Esta cimentação de agregados ocorre de forma diferente para cada classe: os macroagregados são formados por agentes ligantes temporários, como as raízes e hifas de fungos; já os microagregados são formados pela adesão das partículas de argila com outras substâncias do solo através de agentes mais persistentes, como óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (TISDALL e OADES, 1982).

2.3 Contribuição dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no solo

Dentre os organismos do solo, os fungos vêm sendo bastante estudados, pois além de participarem do processo de decomposição de resíduos orgânicos, produzem substâncias importantes para o solo, como proteínas, a exemplo da glicoproteína denominada de glomalina (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Os fungos também podem atuar como agentes de controle biológico, pois controlam populações de animais, como insetos, besouros e outros invertebrados dentro e fora do solo, e plantas, sendo patogênicos para muitos destes grupos. Alguns fungos possuem a capacidade de manter uma relação simbiótico-mutualística com plantas, agindo especificamente na rizosfera, com as raízes das plantas, sendo estes fungos denominados micorrízicos arbusculares (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os FMAs são um grupo monofilético, pertencentes ao filo Glomenomycota, que colonizam as raízes das plantas, sendo importantes para a interação solo-planta-ambiente. A diversidade dos FMAs está ligada à produção e diversidade dos grupos vegetais. Os FMAs mantêm mútua e simbiótica relação com grande parte das plantas vasculares, cerca de 75% de gimnospermas e angiospermas; e, em alguns casos, com briófitas e pteridófitas (SILVEIRA, 1992; SILVA 1997; BERBARA, 2006; SIQUEIRA et al., 2007; SOUZA 2008).

Os fungos micorrízicos arbusculares, dentre os componentes do solo, segundo Miller, Jastrow e Saito (2000), destacam-se na agregação do solo e na ciclagem dos nutrientes. Smith e Read (1997) afirmam que a ação e a contribuição destes fungos vêm sendo registradas em diferentes ecossistemas, concentrando-se, principalmente, nos tropicais.

Segundo Nogueira e Cardoso (2000), a adaptação de muitas plantas se dá devido aos benefícios proporcionados por estes fungos, mantendo o crescimento da vegetação, disponibilizando nutrientes para o sistema, além de facilitar a cobertura vegetal, aporte de MO, crescimento da decomposição e ciclagem de C e N (RILLIG e MUMMEY, 2006; SIQUEIRA et al., 2007); e para o solo, estes fungos estão ligados a uma melhor eficiência na agregação, atuando como agentes cimentantes dos macro e microagregados.

Deste modo, destaca-se a importância destes fungos para o solo, plantas e animais, sendo esta associação essencial para a manutenção dos ecossistemas

naturais e funcionamento dos SFs. No geral, as plantas e o solo se beneficiam de água e nutrientes (CARNEIRO et al., 1998), porém também se beneficiam de outras substâncias produzidas no solo, por exemplo proteínas como a glomalina, sintetizadas por FMAs (TREDER et al., 2004; WRIGHT et al., 1996) e estes FMAs se beneficiam de fotoassimilados, que serão utilizados em seu ciclo reprodutivo (CARNEIRO et al., 1998).

A presença destes fungos no solo, no caso dos SFs, depende do sistema de manejo adotado para o solo e das culturas implantadas, podendo modificar as comunidades de FMAs, chegando até eliminar ou diminuir a ocorrência de determinadas espécies (CARRENHO et al., 2010).

Vale ressaltar, também, que solos degradados precisam da atuação destes fungos, pois eles conseguem recuperar estes solos. Portanto, por exemplo, práticas de manejo na cultura ou na floresta que promovam a ocorrência e crescimento destes fungos no solo são de extrema importância para o sistema como um todo, em especial para o solo (CARDOSO et al., 2010).

Na importância dos FMAs para o solo, Ryan e Graham (2002) afirmaram que solos que possuem comunidades em constante crescimento de FMAs terão mais disponibilidade de nutrientes, caso haja MO no solo, e que estes estarão mais estruturados.

2.3.1 Glomalina: glicoproteína produzida pelos FMAs e seus efeitos na agregação

A glomalina é produzida para a sobrevivência dos fungos, uma vez que confere proteção contra a dessecação dos mesmos e está presente em 80% das paredes das hifas dos FMAs. Em consequência, quando os fungos morrem ou deixam de exercer suas funções, a glomalina presente nas paredes das hifas se acumula no solo por meio da decomposição realizada pelos microrganismos edáficos.

Assim, a glomalina acumulada nas paredes das hifas é liberada para o solo (TREDER et al., 2004; WRIGHT et al., 1996). Driver et al. (2005) também falam que os FMAs produzem a glomalina, pois esta proteína desempenha determinadas funções fisiológicas, como favorecer o processo de adesão das hifas nos substratos,

proteção contra predadores naturais das hifas, tornando-as menos palatáveis, além de auxiliar na imobilização de poluentes na interação solo/hifas.

Este subproduto dos FMAs atua diretamente na estabilidade dos agregados e estoque de carbono no solo. Entretanto, tem sido relacionado a outros processos no solo, como: biorremediação em solos e sedimentos contaminados com metais pesados (SILVA et al., 2010). Classifica-se como uma glicoproteína que se comporta, a priori, como agente cimentante, principalmente unindo partículas minerais do solo, produzindo agregados mais estáveis (PURIN, 2005).

A glomalina é insolúvel em água, permanece no solo de 6 a 42 anos, sua produção é abundante pelos FMAs, adere-se às partículas do solo, é recalcitrante, apresenta características hidrofóbicas e elevada concentração de Fe (RILLIG et al., 2001) e também apresenta um processo de degradação mais lento que, entretanto, vai depender das características do solo de origem (RILLIG et al., 2003).

Segundo Silva et al. (2010), a glomalina pode ser extraída do solo a partir de ciclos consecutivos em altas temperaturas, o que sugere que seja uma molécula estável, pois as proteínas normalmente se desnaturam quando submetidas a elevadas temperaturas.

A glomalina atua no solo de maneira muito importante, pois ela é uma das substâncias fundamentais no processo de agregação. Devido aos seus benefícios, principalmente relacionados ao solo, é que a comunidade científica vem desenvolvendo inúmeras pesquisas acerca da contribuição desta proteína produzida pelas hifas dos FMAs. Muitos pesquisadores vêm desenvolvendo seus estudos investigando a relação da glomalina com os agregados de solo e o estoque de C (BEDINI et al., 2007; PURIN, 2005; RILLIG, 2004), sendo, portanto, caracterizada como potente precursora de estoque de C no solo (TRESSEDER e TURNER, 2007).

Outra característica importante é que a prática do manejo pode alterar a produção e, conseqüentemente, a função desta proteína para os agregados, considerando a sensibilidade da glomalina (PURIN, 2005; RILLIG et al., 2005).

Diante dos estudos realizados até aqui, fica claro o quanto a glomalina desempenha funções necessárias para o solo. Sendo assim, estes benefícios da glomalina na agregação do solo, estabilidade destes agregados, estoque de C, bem como o seu comportamento em diferentes sistemas de uso do solo, de maneira

rápida e constante, são fatores que valorizam a eficácia desta proteína para o solo (RILLIG et al., 2003).

Adotando estratégias de manejo ideais, que favoreçam a disponibilidade de nutrientes, bem como o aumento dos níveis de produção da glomalina, que será utilizada na agregação, ressaltando que parte desta produção ficará dispersa e disponível no solo por longos períodos, beneficiando todo o ecossistema, é que nos permite sugerir a glomalina como indicador de recuperação destes ecossistemas (RILLIG et al., 2003; PURIN, 2005; RILLIG et al., 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Conceição de Macabú, Rio de Janeiro, na propriedade rural Fazenda Carrapeta (21° 37'S e 42° 05'W). O clima da região é do tipo Am, quente e úmido, segundo a classificação Koppen. Temperatura média de 26° C e precipitação média de 1.400 mm anualmente, concentrada entre outubro e março e o período seco entre junho e setembro (GAMA-RODRIGUES et al., 2008). O tipo de solo é Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilo-franco-arenosa, apresentando um relevo ondulado com declividade de 35 cm m⁻¹.

3.1 Áreas estudadas e coletas de solo

A área experimental foi constituída de plantações de Ingá (*Inga spp*), Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), Acácia (*Acacia auriculiformis*), um fragmento florestal de Mata Atlântica em sucessão secundária, com espécies em diferentes estágios sucessionais (capoeira) e um pasto degradado com predomínio de capim-gordura (*Melinis minutiflora*), grama-pernambuco (*Paspalum maritimum*) e sapê (*Imperata brasiliensis*). As parcelas experimentais (1.500m² - 75 x 20 m) de cada cobertura são dispostas adjacentes uma à outra e na mesma cota de altitude. As leguminosas foram inoculadas com estirpes selecionados de bactérias fixadoras de N₂ atmosférico e fungos micorrízicos (um combinado de *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*), tendo todos 19 anos de idade.

De cada área foram coletadas, aleatoriamente, 10 amostras simples para a obtenção de uma amostra composta, no total de três amostras compostas por área. As análises da glicoproteína total e facilmente extraível, carbono, nitrogênio foram realizadas na amostra de solo sem fracionamento (solo natural) e nas classes de agregados: > 2,00 mm, macro (2,00-0,250 mm) e microagregados (0,250-0,053 mm). As análises referentes à umidade e quantidade de esporos foram realizadas com amostras do solo natural.

3.2 Fracionamento do solo em classes de agregados (GUPTA e GERMIDA, 1998)

As amostras de solo foram pré-secas em casa de vegetação, por 48 horas, para que atingissem um estado friável. Em seguida, foi realizado o tamizamento por via seca, onde 150g de solo passou por um jogo de peneiras de malhas de 2000 µm, 250 µm e 53 µm (Gupta e Germida, 1988), obtendo-se as seguintes classes de agregados > 2000 µm, macro (2000 -250 µm) e microagregados (250-53 µm).

Todas as classes foram devidamente pesadas, identificadas e acondicionadas em potes de plástico para posteriores análises. O diâmetro médio ponderado (DMP) de cada sistema foi calculado de acordo com a equação abaixo e utilizado na análise de correlação de Pearson.

$$\text{DMP (mm)} = \sum (\% \text{ peso das amostras} * \text{centro das classes})/100$$

3.3 C e N do solo

De cada amostra composta e de todas as amostras das classes de agregados, foram retirados cerca 3 g de solo, macerados em almofariz, peneirados sobre malha de 0,150 mm de abertura, sendo estes solos peneirados, coletados e acondicionados em previamente identificados, e posteriormente levados para uma estufa de secagem a 60° C por 48 h.

A quantificação do eppendorfs carbono orgânico do solo (COS) e nitrogênio total (NT) foi feita por combustão seca em autoanalisador Perkin Elmer CHNS, no Laboratório de solos/UENF.

3.4 Extração e quantificação de esporos de FMAs (EMBRAPA, 1997)

Do solo não fracionado foram retiradas três subamostras (repetições de laboratório) de 50 g cada uma, de cada sistema estudado.

Cada amostra, por vez, foi transferida para num balde de 5 litros sendo adicionada água da torneira (1 litro aproximadamente). Manualmente, foi sendo feito o destorroamento dentro do balde. Ao sentir que a amostra já está bastante dissolvida, a mistura foi depositada em peneira de 250-53 mm. Desta forma, o

material que passou pelo peneiramento foi coletado num outro balde e o material retido na peneira passou pelo processo de lavagem até a mais nítida clarificação. Sendo, portanto, descartado o que ficou retido na peneira.

Neste momento, no qual se obteve a clarificação desejada, é que se deu a segunda etapa da extração: a mistura que foi coletada no balde após a última peneirada, foi depositada na peneira de 53 μm e, posteriormente, cada material retido (além dos esporos, ainda existem as frações silte e argila) foi lavado em água corrente. Em seguida, com o auxílio de uma pisseta, foi transferido para tubos de centrífuga de 50 ml previamente identificados com cada amostra.

Como cada tubo continha o material e ainda água vinda da pisseta, foi necessário fazer o balanceamento dos pesos dos tubos para serem levados à centrífuga (com água). Esse balanceamento serve para não desregular o aparelho.

Em pares de pesos próximos, os tubos foram acoplados à centrífuga e submetidos à centrifugação por 3 minutos sob 3.000 rpm. Após a centrifugação, os tubos foram retirados cuidadosamente, um por vez, descartando o sobrenadante, sendo deixado o máximo possível do precipitado.

Em cada tubo foi adicionada a solução de agarose a 45% até que falte 2 cm para chegar à boca do tubo. Após isso, realizou-se o balanceamento dos tubos, agora com sacarose, levando-os para a centrífuga novamente, durante 2 minutos, sob rotação de 2.000 rpm.

Após essa centrifugação, os tubos foram retirados, um por vez, e com cuidado, o sobrenadante foi depositado na peneira de 53 μm , isso porque os esporos ficam flutuando nesse líquido, onde evitou-se ao máximo de suspender o precipitado para não encher o líquido de outros resíduos.

Os esporos foram retidos na peneira, lavados em água abundante, e com o auxílio de uma pisseta foram trazidos para a lateral da peneira, sendo coletados numa placa de Petri, observados em microscópio estereoscópio e quantificados.

3.5 Extração da Glomalina total (GT)

Foi pesado 1 g de solo não fracionado e fracionado, de cada repetição, e colocado dentro de tubos Falcon de 15 ml. Posteriormente, foram adicionados 8 ml

de citrato de sódio 50 mM, com pH ajustado para 8. Depois, suspendeu-se o solo de dentro do tubo com o auxílio de um agitador, o vortex.

Estes tubos com solo e citrato foram autoclavados a 121° C por exatamente 60 minutos. De imediato, após esse processo, todos os tubos foram colocados para centrifugar a 5.000 rpm por 15 min.

Os sobrenadantes, que contêm a proteína (glomalina), foram devidamente coletados em tubos Falcon de 15 ml, identificados e estocados em vidros e vedados, desta forma foram mantidos em freezer com temperatura de 4° C até finalização dos ciclos de extração.

Este procedimento foi repetido, exceto a pesagem do solo, até que o sobrenadante atingiu uma coloração amarelo-clara, variando a quantidade de ciclos de acordo com a amostra. Portanto, a partir do ciclo D até o último ciclo, o H, obteve-se a extração completa (Figura 1).

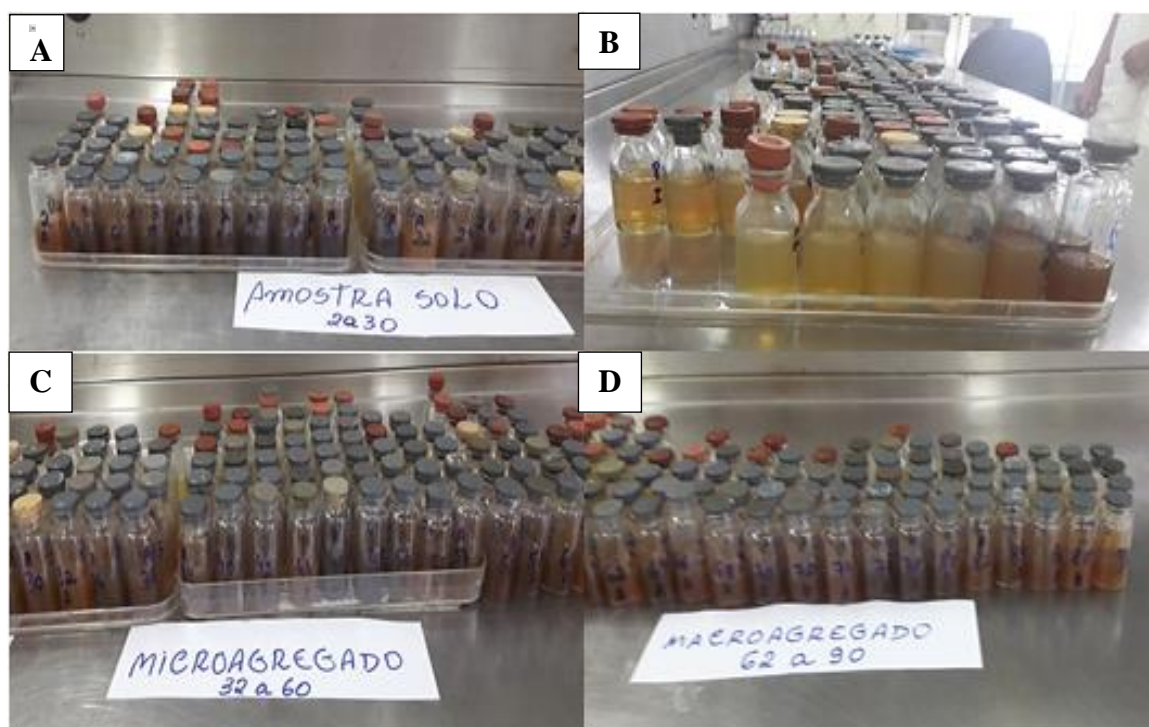


Figura 1 – A: extração de solo sem fracionamento; B: visualização da diminuição de tonalidade até o amarelo-claro; C: extração da classe microagregado; D: extração da classe macroagregados.

Fonte: Alessandro Santos. EMBRAPA-AGROBIOLOGIA – SEROPÉDICA-RJ, 2017.

Terminados os ciclos de extração, foi medido o volume total do sobrenadante de cada amostra. Novamente foi coletado cada um e armazenado nos vidros, devidamente identificados, sendo mantidos em freezer a 4° C, podendo ter esta glicoproteína viável por até 4 semanas.

3.5.1 Glomalina facilmente extraível (GFE)

O procedimento para esta fração de glomalina se deu, praticamente, da mesma forma que o anterior, porém com apenas um ciclo de extração, mas com alguns dados diferentes: concentração do citrato foi de 20 mM e o pH ajustado para 7,4 e autoclavagem por 30 min, e o armazenamento foi da mesma forma descrita para a GT (WRIGHT e UPADHYAYA, 1996, 1998; WRIGHT et al., 1996). A quantificação de ambas as extrações foi realizada pelo método Bradford, que será descrito a seguir.

3.5.2 Quantificação da glomalina (BRADFORD, 1976; WRIGHT et al., 1996)

Curva-padrão:

Identificação do poço	µg/poço	Solução estoque de BSA (µL)	TFS (µL)
Branco	0	0	200
Padrão 1	1,25	25	175
Padrão 2	2,5	50	150
Padrão 3	3,75	75	125
Padrão 4	5	100	100

Figura 2 – Curva padrão para quantificação de proteína através de BSA.
Fonte: adaptado de Bradford (1976) e Wright et al. (1996).

Foi utilizada a albumina de soro bovino, pois esta proteína tem o peso molecular extremamente similar ao da glomalina. Assim sendo, os valores encontrados na curva padrão serviram de base para associar aos valores encontrados na quantificação. Baseados nos valores-padrão (que variam entre 200 a 1100 µL por poço), todos os resultados ficaram dentro destes limites, apresentando, de modo geral, valores variando de 600 a 1.054 µL nas amostras de solo.

3.5.3 Coloração da Glomalina Total e Facilmente Extraível

De acordo com o tipo de cor que cada amostra apresente (tons amarelados que vão do escuro até o mais claro) as quantidades de amostras vão variar (Figura

1-A), portanto foi feita a olho nu esta separação de cor. As cores e seus valores específicos, que serão utilizados como parâmetros, foram tabelados de acordo com a coloração apresentada (Tabela 2) (WRIGHT e UPADAHYAYA, 1998; RILLIG, 2004).

Desta forma, ficou:

GFE: 10 μ L de amostra, 190 μ L de TSF e 50 μ L de corante Bradford para amostra composta e para as classes de agregados;

GT: 25 μ L de amostra, 175 μ L de TSF e 50 μ L de corante Bradford para amostra composta e para as classes macro e microagregados; já para a fração > 2000 μ utilizou-se 20 μ L de amostra, 190 μ L de TSF e 50 μ L de corante Bradford.

Cor da amostra	μL amostra/poço
Amarelo claro	> 50
Amarelo amarronzado	25–50
Marrom	10–25
Marrom avermelhado	5–10
Preto	1–5

Figura 3 – Quantidade de amostra por coloração.
Fonte: adaptado de Bradford (1976) e Wright et al. (1996).

Este processo de pipetagem se deu da seguinte forma: primeiro pipetou-se em placas de análises moleculares de 96 poços o TSF (Figura 2), obedecendo as quantidades específicas. Posteriormente, pipetou-se a amostra extraída em μ L nestes mesmos poços e, por último, pipetou-se o corante, sempre mexendo com o auxílio da pipeta para homogeneizar as amostras nos poços.

Esse processo de pipetagem do corante não ultrapassou 5 minutos, conforme sugerido pelos autores da técnica. Então, essas placas foram acopladas ao espectrofotômetro e quantificadas sob absorvância de 590 nm.

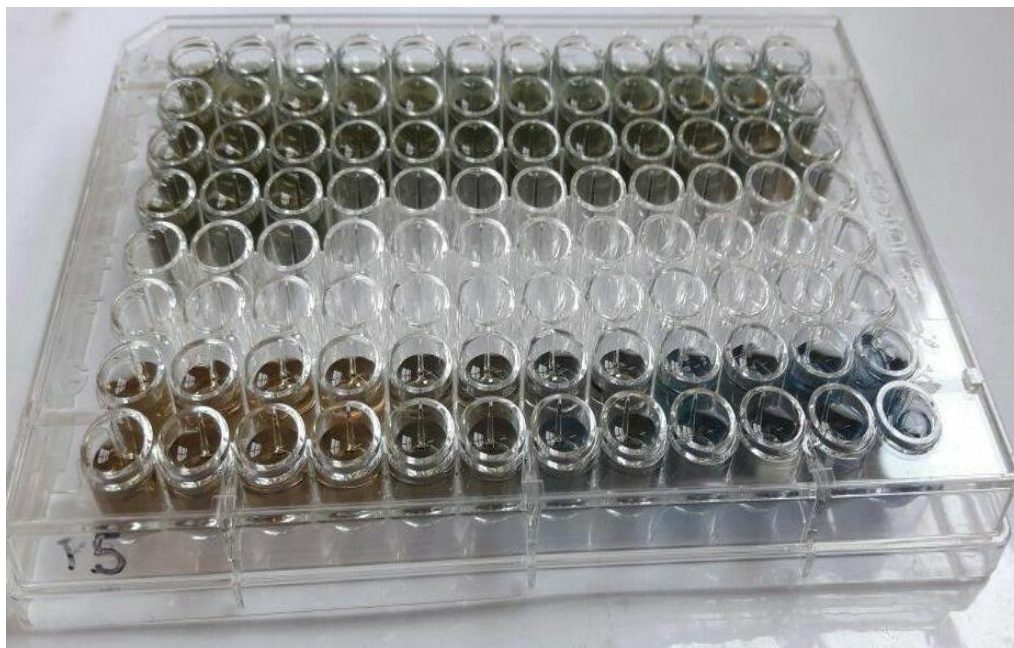


Figura 4 – Placa com poços preenchidos, prontos para leitura em espectrofotômetro.
Fonte: Alessandro Santos. EMBRAPA-AGROBIOLOGIA – SEROPÉDICA-RJ, 2017.

3.5.4 Análises estatísticas

Inicialmente, os dados foram submetidos às análises de normalidade (Teste de Lilliefors) e, atendendo às pressuposições de normalidade, foi realizada a análise de variância considerando-se o delineamento inteiramente casualizado com três repetições. As médias foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância. Também foi realizada a análise de correlação de Pearson entre todas as variáveis analisadas.

Além das correlações com cada classe de agregado em separado, calculou-se a média de C, N, GT e GFE para cada classe de agregado (de todos os tratamentos) que, em conjunto, foram utilizadas na análise de correlação com o DMP.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O COS sob plantio de sabiá e pasto foram 30 e 26% inferiores àquele encontrado na capoeira, porém não significativo. Os demais sistemas também não diferiram significativamente entre si. O C orgânico (CO) dos agregados >2000 μm foi significativamente maior no plantio de acácia e os demais plantios não variaram entre si. O CO do macro e do microagregado não variaram significativamente entre os sistemas, apenas podemos observar que o plantio de acácia apresentou maior CO macro, seguido do pasto, e nos demais sistemas (capoeira e plantios de ingá e sabiá) os valores foram em torno de 47% menores do que o observado no plantio de acácia. O CO micro foi aproximadamente 33% superior no pasto e a capoeira apresentou menor valor (Tabela 1). Loss et al. (2011), estudando as classes de agregados em solo sob Cerrado no estado de Goiás, encontraram maiores níveis de C e N na classe maior de agregados (formada pela massa de solo retida na peneira de 2 mm).

O NT do solo sob plantio de ingá foi aproximadamente 20% superior e o do plantio do sabiá e pasto foram 37 e 43% inferiores à capoeira, respectivamente, porém não houve diferença significativa. A acácia apresentou NT bem próximo à capoeira. O NT >2000 μm foi significativamente maior no plantio de acácia e os demais sistemas foram estatisticamente iguais, com valor quase 50% inferior. Apesar de também não ser significativo, o NT do macro dos sistemas implantados foi superior ao da capoeira na seguinte ordem: pasto > acácia > ingá > sabiá. O NT do micro, por sua vez, foi significativamente superior no pasto, seguido do sabiá e ingá e, por fim, a capoeira e a acácia com menores valores, porém sem diferença estatística entre eles (Tabela 1).

Os valores de C e N nos agregados aumentaram na seguinte ordem: >2000 μm > macro > micro.

Segundo Loss et al. (2011), a utilização de braquiária em pastagens acarreta a deposição de resíduos de maior relação C/N, fator que intensifica o aumento dos níveis de C e N, isso porque a degradação ocorrerá mais lentamente, favorecendo o acúmulo de C e N nos agregados do solo.

Os resultados também mostram, de modo geral, que a classe >2000 μm , em

média, apresentou os maiores valores de C e N, o que leva a refletir sobre a importância de quantificar esses elementos nesta classe, ou seja, trabalhos que não estudam o C e o N dentro da classe >2000 µm podem subestimar os níveis destes elementos.

Tabela 1 – Carbono e nitrogênio no solo e em classes de agregados: >2000 µm, 2000-250 µm e 250-53 µm em um Argissolo Vermelho sob diferentes coberturas vegetais no Bioma Mata Atlântica

Sistemas de uso da terra	CO Solo	NT Solo	CO >2000	NT >2000	CO Macro	NT Macro	CO Micro	NT Micro
Capoeira	25,78 a	2,70 a	23,36 b	4,12 b	13,74 a	1,60 a	2,82 a	0,31 b
Ingá	23,74 a	3,25 a	23,72 b	4,83 b	11,05 a	1,91 a	3,51 a	0,40 b
Acácia	24,92 a	2,55 a	56,14 a	9,50 a	24,47 a	2,80 a	3,10 a	0,30 b
Sabiá	18,09 a	1,69 a	21,40 b	4,08 b	13,75 a	1,86 a	3,73 a	0,46 b
Pasto	19,20 a	1,55 a	16,71 b	3,07 b	21,36 a	3,22 a	5,24 a	0,63 a
CV %	21,81	46,77	21,12	16,79	19,10	39,67	25,97	23,32

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Vale ressaltar que existe uma importante dinâmica de produção e estocagem de C e N nos sistemas e no pasto, ou seja, todas as áreas estudadas apresentaram níveis de C e N que podem estar associados à presença da glomalina (GT e GFE) nesses solos, considerando os resultados encontrados para essa proteína nesse estudo (Tabelas 2 e 3).

A glomalina é uma glicoproteína que, embora esteja presente no solo, desempenhando suas funções, ainda não se sabe muito sobre os mecanismos de produção dela pelos FMAs em ambientes distintos, porém é sabido que fatores edáficos e biológicos podem interferir nesta produção: diversidade de FMAs, pH do solo, umidade, cobertura vegetal (vegetação e serapilheira), ou seja, a biomassa como um todo; temperatura, profundidade do solo (HADDAD e SARKAR, 2003; OLIVEIRA et al., 2009; SILVA et al., 2012;).

Desta forma, ao analisar a marcante semelhança de produção de glomalina encontrada entre os sistemas estudados é que se pode inferir que mesmo sendo sistemas distintos, nenhuma das coberturas vegetais ofereceram condições

suficientes para uma alta produção de glomalina, e que o solo, por sua vez, por ser o mesmo, e as características climáticas serem as mesmas, pode ter oferecido condições similares para a proliferação dos FMAs, o que ajudaria a explicar essa semelhança na produção de glomalina entre sistemas diferentes. Outro fator que pode explicar essa similaridade é a idade dos sistemas, pois quanto mais velho for o sistema, mais utilizada vai ser a GT (que permanece por mais tempo no solo atuando como uma reserva) e menor vai ser a reposta, por consequência da falta de recursos naturais que propiciem a proliferação dos FMAs, o que geralmente ocorre em sistemas mais velhos.

Em relação à glomalina total (GT), de modo geral, a classe de microagregados foi a que apresentou maiores níveis de glomalina (Tabela 2). Esses maiores valores podem estar relacionados com o fato de a glomalina presente dentro desta classe sofrer menos ações naturais que possam degradá-la, estando, portanto, mecanicamente mais protegida por conta da ação cimentante que dificulta o rompimento dos microagregados, variando as médias no geral entre 1,63 a 4,54 mg g⁻¹ nas diferentes variáveis (Tabela 2). Segundo Santon et al. (2007), a ação cimentante nos microagregados é considerada persistente, o que corrobora a discussão acima (Tabela 3).

A GT do solo também não variou entre sistemas estudados, podemos observar apenas uma tendência dos valores de GT na acácia ser superior em relação às demais leguminosas e as referências. Da mesma forma, a GT tanto dos macroagregados quanto dos microagregados não diferiu entre os sistemas estudados. No caso da GT nos macroagregados, o sabiá apresentou o maior e o pasto o menor valor, as demais leguminosas apresentaram valores inferiores à capoeira (Tabela 3).

No caso dos microagregados, os menores valores foram no plantio de ingá e capoeira. Já a GT na classe > 2000 µm houve diferença significativa entre os sistemas: os plantios de acácia e sabiá apresentaram valores significativamente superiores aos demais sistemas que não diferiram entre si (Tabela 3).

Tabela 2 – Glomalina total (GT) em quatro frações do solo: amostra composta (sem peneiramento), macro (2000-250 μ m) e microagregados (250-53 μ m) e solo retido na peneira > 2 mm, em um Argissolo Vermelho sob diferentes coberturas vegetais no Bioma Mata Atlântica

Sistemas de Uso da Terra	GT mg g ⁻¹ Solo	GT mg g ⁻¹ Solo >2	GT mg g ⁻¹ Macro	GT mg g ⁻¹ Micro
CAPOEIRA	2,85 a	3,57 b	2,18 a	3,09 a
INGÁ	2,23 a	2,40 b	1,95 a	2,45 a
ACÁCIA	3,34 a	4,42 a	2,11 a	3,44 a
SABIÁ	2,75 a	4,54 a	2,42 a	3,73 a
PASTO	2,26 a	2,99 b	1,63 a	3,18 a
CV (%)	30,37	15,44	17,10	14,97

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

As médias de glomalina facilmente extraível (GFE) variaram entre 0,93 a 2,05 mg g⁻¹ entre os tratamentos estudados, similares aos valores obtidos por Sousa et al. (2014) estudando amostras sem fracionamento de solos sob Caatinga na Paraíba, região Semiárida do Brasil, mostrando que o período (chuvoso ou seco) não interfere na produção de GFE, o que leva a entender que o solo e o ambiente, sendo similares, mantêm um padrão quase linear de produção de GFE.

Sabe-se que para que ocorra a produção, bem como a decomposição da GFE, vários fatores ambientais e biológicos, como o clima, temperatura, tipo de solo e suas características, vegetação e/ou revegetação são determinantes para este processo, de modo que fica difícil explicar exatamente as diferenças de quantidades de GFE de uma região e regiões diferentes, necessitando, portanto, de mais estudos (PURIN, 2005).

A GFE do solo não variou entre os sistemas e na fração de agregados > 2000 μ m. Mas, nos macroagregados, o ingá apresentou valores significativamente superiores, seguido do sabiá, da acácia e da capoeira, que foram similares entre si, e o pasto, com valor significativamente inferior (Tabela 3). Sistemas florestais tendem a propiciar uma eficiência maior nos processos de aporte de resíduos vegetais, decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, o que favorece a proliferação dos FMAs, levando, conseqüentemente, a um maior desenvolvimento e decomposição das hifas (FERREIRA, 1993; SWIFT, 1984 apud AUER et al., 2007).

Considerando esse processo de produção e observando a relação direta da decomposição das hifas com o aumento da glomalina no solo é que se pode explicar esse resultado: os solos e coberturas vegetais florestais propiciaram uma maior produção de GFE em relação ao pasto.

Os resultados encontrados nessa pesquisa podem ser explicados pelas condições do solo que podem comprometer o desenvolvimento das micorrizas e alterar todo o processo de disponibilidade de glomalina, dos quais pode-se dizer: pH do solo, aeração, temperatura, profundidade, disponibilidade de nutrientes orgânicos e inorgânicos não só do pasto, mas de qualquer cobertura vegetal (ALEXANDER, 1980).

Já nos microagregados, o valor significativamente superior foi obtido na capoeira, seguida do sabiá e do pasto, similares entre si, e as demais leguminosas apresentaram valores significativamente inferiores (Tabela 3). A idade da capoeira e do pasto explicam esses resultados: por se tratarem de sistemas mais velhos, apresentando características que propiciam a agregação, o solo já possui uma estrutura de agregação mais estável e completa, portanto a GFE já foi mais utilizada na formação dos macroagregados, aumentando seus níveis, ao longo do tempo, dentro dos microagregados.

Tabela 3 – Glomalina facilmente extraível (GFE) (mg g⁻¹) em quatro frações do solo: amostra de solo (sem peneiramento), macro (2000-250µm) e microagregados (250-53µm) e solo retido na peneira > 2 mm, em um Argissolo Vermelho sob diferentes coberturas vegetais no Bioma Mata Atlântica

Sistemas de Uso da Terra	GFE Solo	GFE >2000	GFE Macro	GFE Micro
CAPOEIRA	1,53 a	1,36 a	0,96 c	2,05 a
INGÁ	1,12 a	1,12 a	1,60 a	1,23 c
ACÁCIA	1,27 a	1,01 a	0,93 c	1,50 c
SABIÁ	1,49 a	1,29 a	1,18 b	1,65 b
PASTO	1,06 a	1,12 a	0,61 d	1,78 b
CV (%)	26,87	23,55	4,82	9,41

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Outro fator importante, além das características do solo e do ambiente, que se pode constatar com esses resultados, é que mesmo sendo a capoeira uma referência, por se tratar de um fragmento florestal mais diverso, ela não se sobressaiu em relação aos outros e, de modo geral, avaliando-se as variáveis GT, GFE, C e N, leva à reflexão de que plantações de leguminosas não diminuem os níveis dos atributos avaliados, o que pode estar relacionado ao aporte significativo de resíduos vegetais e decomposição de MO, comportamento observado também com a área de pastagem. Portanto sistemas florestais com essas leguminosas podem contribuir para a recuperação de fragmentos degradados, bem como o estabelecimento de sistemas silvopastoris, por exemplo, que consorcia a pastagem com plantações de leguminosas, trazendo benefícios para os animais, por se tratar de uma área de pousio e fonte de alimento, e também para a área que está sendo recuperada (Tabela 3).

Tabela 4 – CS: carbono do solo não fracionado; NS: nitrogênio do solo não fracionado; GT Solo: glomalina total do solo não fracionado; GFE Solo: glomalina facilmente extraível do solo não fracionado; Esporos do solo: esporos do solo não fracionado; **C >2000 µm**: carbono da classe macroagregado grande; **N >2000 µm**: nitrogênio da classe macroagregado grande; **GT >2000 µm**: glomalina total da classe macroagregado grande; **GFE >2000 µm**: glomalina facilmente extraível da classe macroagregado grande; **C Macro**: carbono do macroagregado; **N Macro**: nitrogênio do macroagregado; **GT Macro**: glomalina total do macroagregado; **GFE Macro**: glomalina facilmente extraível do macroagregado; **C Micro**: carbono do microagregado; **N Micro**: nitrogênio do microagregado; **GT Micro**: glomalina total do microagregado; **GFE Micro**: glomalina facilmente extraível do microagregado; **DMP**: diâmetro médio ponderado. Correlações destacadas em negrito são as correlações significativas

Variáveis	CS	NS	GT Solo	GFE Solo	Esporos solo	C > 2000 µm	N > 2000 µm	GT > 2000 µm	GFE > 2000 µm	C macro	N macro	GT Macro	GFE macro	C micro	N micro	GT micro	GFE micro	DMP
CS	1	0,822	-0,109	0,019	-0,547	0,171	0,227	-0,127	-0,062	-0,020	-0,322	-0,267	0,101	-0,280	-0,575	-0,205	0,005	-0,366
NS		1	-0,174	0,065	-0,479	0,076	0,133	-0,288	-0,179	-0,005	-0,203	-0,315	0,364	-0,241	-0,383	-0,316	-0,358	-0,152
GTS			1	0,651	-0,302	0,594	0,511	0,588	-0,072	0,501	0,427	0,564	-0,095	-0,365	-0,290	0,377	0,049	0,351
GFES				1	-0,101	0,144	0,078	0,323	0,244	0,132	0,157	0,640	-0,028	-0,300	-0,102	0,548	0,316	0,200
ES					1	-0,318	-0,335	0,289	0,081	0,011	0,065	0,007	-0,285	0,488	0,571	0,398	0,162	-0,179
C >2µ						1	0,987	0,460	-0,385	0,540	0,367	0,214	-0,044	-0,438	-0,511	0,136	-0,303	0,205
N >2µ							1	0,410	-0,348	0,453	0,306	0,194	0,050	-0,478	-0,549	0,072	-0,381	0,130
GT >2µ								1	0,032	0,396	0,001	0,421	-0,206	-0,179	-0,363	0,519	0,185	-0,086
GFE >2µ									1	-0,575	-0,389	0,339	0,000	-0,162	0,008	0,261	0,445	-0,455
C MAC										1	0,699	-0,191	-0,491	0,126	0,000	0,235	-0,098	0,140
N MAC											1	-0,113	-0,421	0,009	0,346	0,134	-0,193	0,441
GT MAC												1	0,242	-0,285	-0,098	0,514	0,165	0,081
GFE MAC													1	-0,337	-0,310	-0,417	-0,640	0,020
C MIC														1	0,766	0,122	0,091	-0,243
N MIC															1	0,187	0,050	0,067
GT MIC																1	0,431	-0,140
GFE MIC																	1	-0,154
DMP																		1

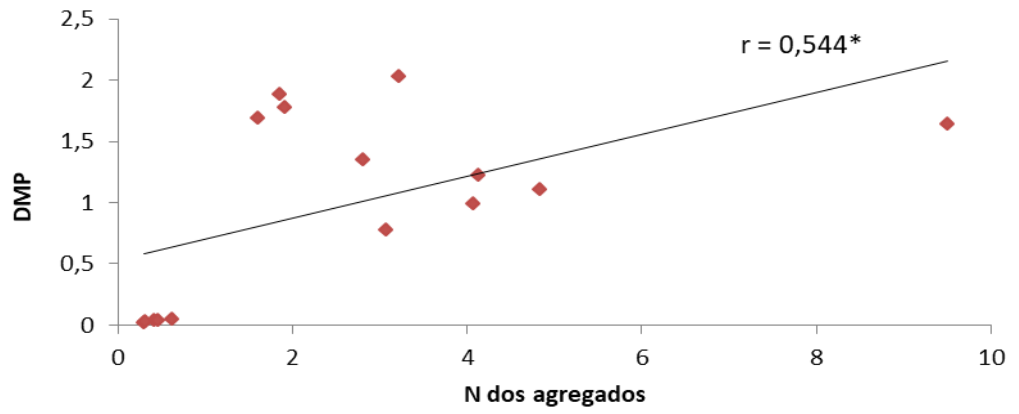
Nessa pesquisa foi encontrada correlação significativa entre número de esporos e C e N do solo, e para ambos esta associação foi positiva. O que significa dizer que a matéria orgânica (MO) produzida por estas espécies vegetais estaria favorecendo uma maior esporulação do fungo (Tabela 4).

Apesar de não termos encontrado correlação significativa entre GT e GFE do solo com C e N do solo, observamos que a GT do solo se correlacionou significativamente com a GFE do solo (Tabela 4). Além disso, observou-se correlação significativa entre a GT do solo com o C, o N e a GT da fração > 2000 μm , bem como com C macro e GT macro. Da mesma forma, a GT da fração >2000 μm se correlacionou positivamente com a GT do microagregado. Assim como a GFE do solo não fracionado se correlacionou positivamente com a GT do macro (Tabela 4).

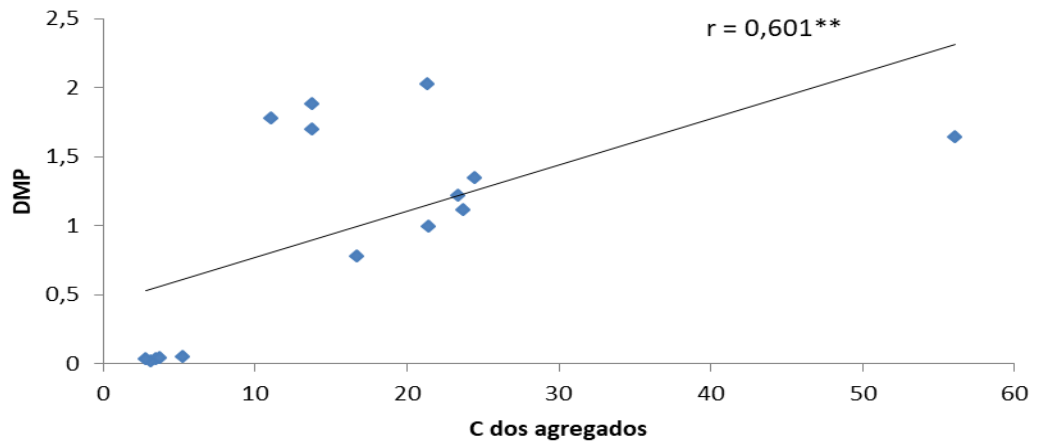
Essa relação de produção de glomalina e aumento dos níveis de C e N no solo valorizam e comprovam a necessidade de se ter essa glicoproteína no solo, além de esta beneficiar a agregação (WRIGHT e UPADHYAYA, 1998; ZHANG et al., 2012; LI et al., 2015; WU et al., 2016).

Vale ressaltar alguns resultados relevantes apresentados pela análise de correlação de Pearson, que mostram a associação significativa e positiva do C e N das frações de agregados e DMP (Figuras 5a e 5b). Por outro lado, a GFE das frações de agregados correlacionou-se negativamente tanto com o C e N das frações de agregados quanto o DMP (Figuras 5c, 5d e 5e). Estes resultados sugerem que a GFE não teria efeito sobre a macroagregação. A GFE estaria, portanto, favorecendo a microagregação nestes solos.

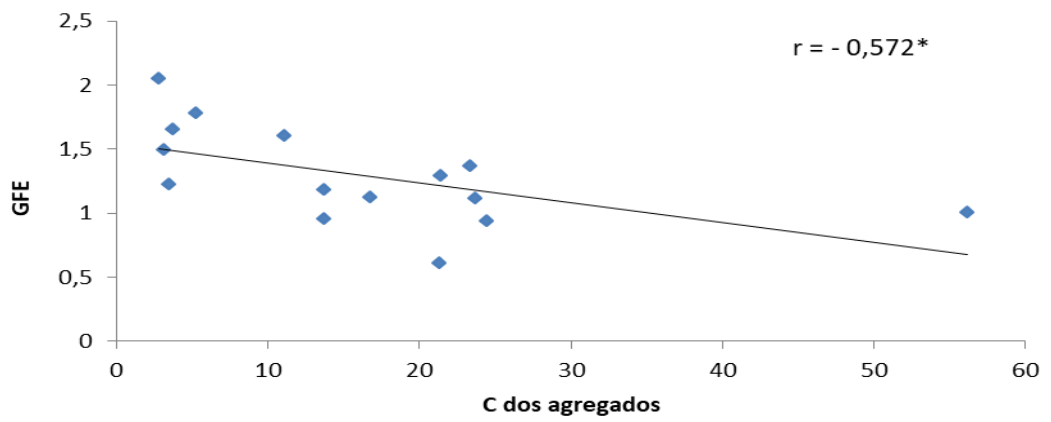
a



b



c



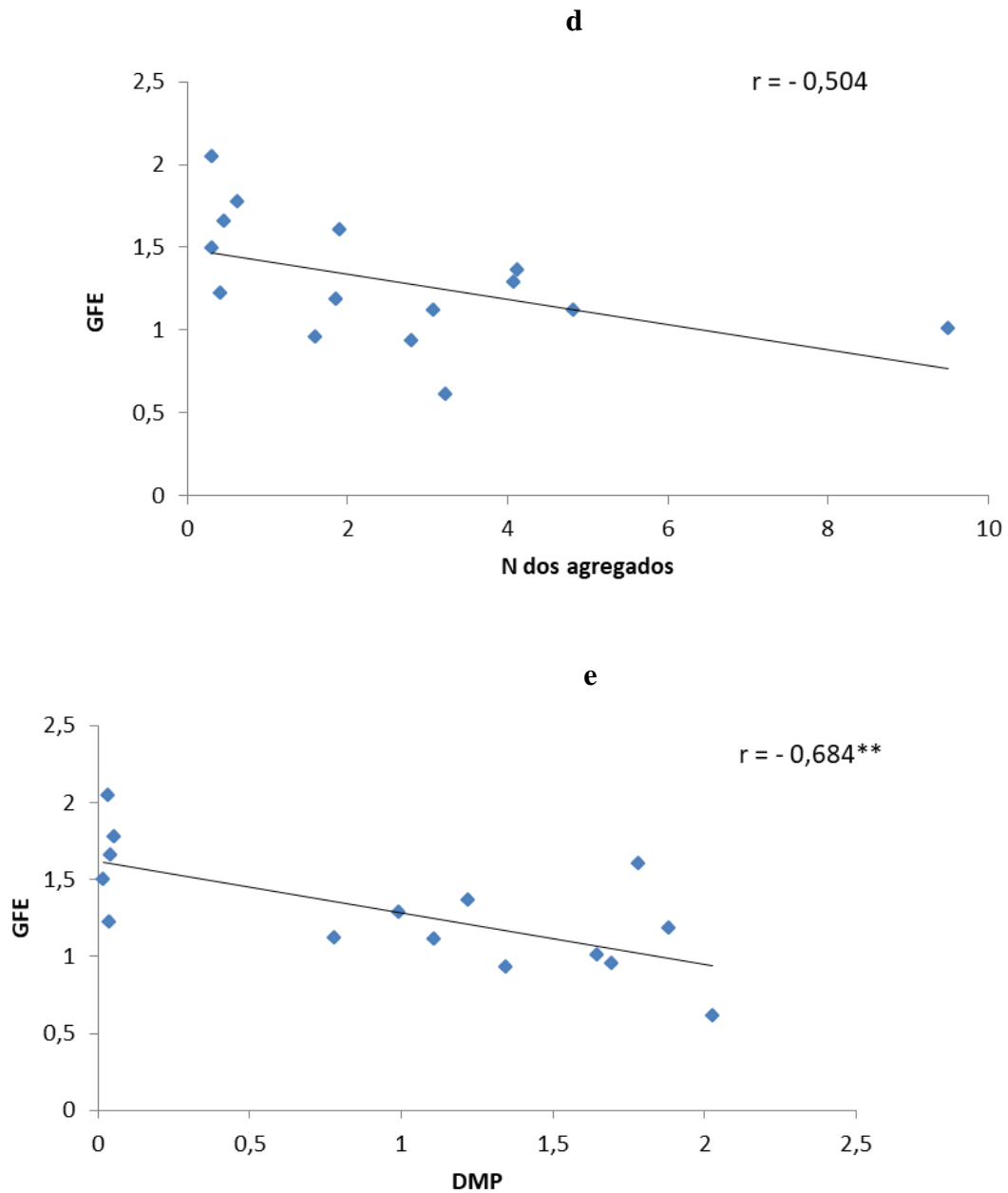


Figura 5 – Relação entre os valores de C e N e o DMP e GFE e entre DMP e GFE dos agregados dos solos sob um Argissolo Vermelho sob diferentes coberturas vegetais no Bioma Mata Atlântica. Os dados de GFE, C e N dos agregados foram as médias de cada fração de solo em cada sistema estudado.

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

5 CONCLUSÕES

O plantio de leguminosas florestais não alterou os valores de glomalina no solo e nas classes de agregados < 2000 μm .

A produção de GFE favoreceu a formação de microagregados e a redução de C e N dos agregados.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, M. A.; ATTWILL, P. M. Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalyptus forests in southeastern Australia: I. Nutrient cycling and nitrogen turnover. **Plant and soil**, v. 92, p. 319-339, 1986.
- ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 99, p. 15-27, 2003.
- ALHO, L. C. et al. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 3, p. 246-254, 2014.
- AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Série Técnica. IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 105-110, 1998.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. 2. ed. Wallingford, CAB International, 1996, 171 p.
- ANDRADE, S. A. L.; ABREU, C. A.; ABREU, M. F. de; SILVEIRA, A. P. D. Influence of lead additions on arbuscular mycorrhiza and *Rhizobium* symbiosis under soybean plants. **Applied Soil Ecology**, v. 26, 2004.
- ARAÚJO FILHO, M. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, p. 171-179, 2007.
- AREVALDO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2002, 41 p. (Documentos, 73).
- ASSIS, R. L. de; LANÇAS, K. P. Agregação de um nitossolo vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 58-66, jan./fev. 2010.
- BARRETO, P. A. B. et al. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 81, p. 213-220, 2011.
- BEDINI, S.; AVIO, L. E. A.; GIOVANNETTI, M. Effects of long-term land use on arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein. **Agric. Ecosyst. Environ**, v. 120, p. 463-466, 2007.
- BEER, J. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. **Agrofor. Systems**, v. 7, p. 103-114, 1988.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. III - Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: Fernandes, M.S. (ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, 2006, p. 74-85.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às de campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2. p. 155-163, mar./abr. 2004.

BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. 10. ed. New York: Macmillan Publishing, 1990. p. 227-230.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure management: a review. **Geoderma**, v. 124, p. 3-22, 2005.

BLANCO-CANQUI, H., LAL, R. Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 23, n. 6, p. 481-504, 2004.

BUOL, S. W.; HOLE, F. D.; McCracken, R. J. Soil genesis and classification. **Ames: The Iowa State University Press**, 1973, 360 p.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 777-783, 1992.

CARDOSO, E. J. B. N. et al. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2010, p. 153-214.

CARAVACA, F. et al. Survival of inocula and native AMF fungi species associated with shrubs in a degraded Mediterranean ecosystem. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, p. 227-233, 2005.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, v. 4, p. 129-145, 1998.

CARRENHO, R. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2010, p. 215-249.

CARVALHO, J. L. N. et al. Potencial de Sequestro de Carbono em Diferentes Biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34. p. 277-289, abril, 2010.

CASTRO, O. M. de. Cultivo mínimo e propriedades físicas do solo. In: SEMINÁRIO DE CULTIVO MÍNIMO, 1., 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba IPEF, 1995. p. 34-42.

CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 8, n. 2, p. 5-39, dez. 2005.

CERRI, C. C. et al. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: Emissões e remoções de dióxido de carbono pelos solos por mudanças de uso da terra e calagem. Brasília, **Ministério da Ciência e Tecnologia**, 2001, 41 p.

COGO, F. D. **Doses de gesso e distribuição em profundidade no solo de fungos micorrízicos arbusculares e glomalina em cafeeiro no cerrado**. Lavras-MG: UFLA, 2016, 102 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2016.

CORKIDI, L. et al. Nitrogen fertilization alters the functioning of arbuscular mycorrhizas at two semiarid grasslands. **Plant Soil**, v. 240, p. 299- 310, 2002.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação da serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O (Eds). **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 197-225.

COSTA, G. S. et al. Aporte de nutrientes pela serrapilheira em uma área degradada e revegetada com Leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28. p. 919-927, ago. 2004.

COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M. de. Ciclagem de nutrientes em um plantio de Acácia magium com seis anos de idade. In: **CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 13., Águas de Lindóia, 1996. Solo-suelo 96: trabalhos. Piracicaba: SBCS/SLCS, 1996.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1981, 17 p. (Boletim de Extensão, 29)

DIAS JÚNIOR, M. DE S., BERTONI, J. C., BASTOS, A. R. R. **Física do solo**. Lavras: UFLA, 2000. p. 149.

DORAN, J. W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

DOMMERGUES, Y. R.; BELSER, L. W; SCHMIDT, E. L. Limiting factors for microbial growth and activity in soil. **Advances in Microbial Ecology**, v. 2, p. 49-104, 1978.

DOMMERGUES, Y. R. The plant-microorganisms system. In: DOMMERGUES, Y. R.; KRUPA, S. V. eds. **Interactions between non pathogenic soil microorganisms and plants**. Amsterdam: Elsevier, 1978, p. 1-36.

DRIVER, J. D.; HOLBEN, W. E.; RILLIG, M. C. Characterization of glomalin as hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, p. 101-106, 2005.

DUGUMA B.; GOCKWSKI J.; BAKALA J. Smallholder cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivation in agroforestry system of west and central Africa: challenges and opportunities. **Agroforestry systems**, v. 51, p. 177-188, 2001.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas Agroflorestais (SAFs)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produtoservico/112/sistemas-agroflorestais-safs>>. Acesso em: 24 fev. 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de levantamento e Conservação de solos**. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

FALCÓN, G. de. **Os coronéis do cacau**. Salvador-BA: UFBA, 1983, 153 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Universidade Federal da Bahia.

FRANCO, M. et al. **Program f the enviromental development of the rainforest region inBahia, Brazil – development of a methodology**. Stuttgart: Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, University Stuttgart, 1994, p. 23-24.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; NAIR, P. K. R. Soil carbon sequestration in cacao agroforestry systems: a case study from Bahia, Brazil. In: KUMAR, B. M.; NAIR, P. K. R. eds. Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems. **Advances in Agroforestry**, v. 8, p. 85-99, 2011.

GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. Carbon storage in soil size fractions under two 48 cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. **Environmental Management**, v. 45, p. 274-283, 2010.

GAMA-RODRIGUES, E. F. et al Atributos Químicos e Microbiológicos de Solos sob Diferentes Coberturas Vegetais no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1521-1530, junho, 2008.

GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: funcionalidade e sustentabilidade. In: MÜLLER, M.W.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BRANDÃO, I.C.S.F.L.; SERÓDIO, M.H.C.F. eds. **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustentamento da vida e sustento de vida**. Ilhéus, SBSAF/CEPLAC/UENF, 2004, p. 64-84.

GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. Biomassa microbiana de Carbono e de Nitrogênio de solos sob diferentes coberturas vegetais. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 21, p. 361-365, 1997.

HAMMEL, K. E. Fungal degradation of lignin. In. CADISCH G.; GILLER, K.E. **Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition**. CAB INTERNATIONAL. 1997, p. 33-46.

GOMES, D. S. **Estoque de Carbono e Nitrogênio em Solos sob Diferentes Sistemas Florestais e Pasto no Norte Fluminense**. Rio de Janeiro-RJ: UENF, 2013, 48 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

GUPTA, V. V. S. R.; GERMIDA, J. J. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 20, n. 6, p. 777-786, 1988.

HEANEY, A.; PROCTOR, J. Chemical elements in litter in forests on Volcán Barva, Costa Rica. In: PROCTOR, J. ed. Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems. **British Ecological Society**, p. 255-272. 1989.

HENDRIX, P. F. Soil fauna. In: SUMMER, M. E. ed. **Handbook of Soil Science**. Boca Raton, CRC Press. 1999, p. 229-276.

HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994, p. 39-76.

HYDE, K. D. **Biodiversity of Tropical Microfungi.**: Hong Kong: Hong Kong University Press, 1997.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Land use, land use change, and forestry. Cambridge, **Cambridge University Press**, 2000. p. 5.1-5.75.

ISAAC, M. E.; TIMMER, V. R.; QUASHIE-SAM, S. J. Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: biomass and nutrient diagnosis of Theobroma cacao by vector analysis. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 78, p. 155-165, 2007.

JASTROW, J. D.; MILLER, R. M. Methods for assessing the effects of biota on soil structure. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Agriculture Amsterdam, v. 34, p. 279-203, 1991.

JEFFRIES, P.; BAREA, J. M. Arbuscular mycorrhiza: a key component of sustainable plantsoil ecosystems. In: HOCK, B., ed. **The mycota**. New York, Springer, v. 9. p. 95-113, 2001.

JENNY, H. Derivation of state factor equations of soils and ecosystems. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 25, p. 385-388, 1961.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. E.; CLINE, R.G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality. A concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Sci. Soc. Am. J.**, p. 61-62, 1997.

KIEHL, J. E. Manual de Edafologia. **São Paulo**: Agronômica Ceres, 1979, p. 264.

KLEIN, V. A. **Propriedades do Solo e Manejo da Água em Ambientes Protegidos com Cultivo de Morangueiro e Figueira**. Passo Fundo: UPF, 2005. p. 61.

KRISHNAMURTHY, L.; AVILA, M. Agroforesteria básica. México, Red. de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**, 1999, p. 29-36.

LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **For. Ecol. Manag.**, v. 220, p. 242-258, 2005.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, p. 1623-1627, june, 2004.

LAL, R.; KIMBLE, J.; STEWART, B. A. World soils as a source or sink for radiatively-active gases. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B. A., eds. Soil management and greenhouse effect. **Boca Raton**, CRC Lewis Publishers, 1995. p. 1-7.

LAL, R.; PIRCE, F.J. The vanishing resource. In: LAL, R. & PIRCE, F.J., eds. **Soil management for sustainability**. Ankeny, Soil and Water Conservation Society, 1991. p. 1-5.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. E. & STEWART, B. A.; EDS. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, 1994, p. 37-51.

LI, X. L. et al. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi of sedges to soil aggregation along an altitudinal alpine grassland gradient on the Tibetan Plateau. **Environ. Microbiology**, v. 17, p. 2841-2857, 2015.

LOBÃO, D. E. et al. Cacau Cabruca – sistema agrossilvicultural tropical. In: VALLE, R. R. ed. **Ciência, tecnologia e manejo do cacau**. Itabuna: Gráfica e Editora Vital, 2007, p. 290-323.

LOBÃO D. E.; CARVALHO A. M.; CARVALHO D. L. Ecossistemas e agroecossistemas do Sudeste da Bahia - Bioma Mata Atlântica. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Revista dos Mestrados em Direito Econômico da UFBA**: edição especial, 5 – Direito Ambiental. Salvador, 1997, p. 32-45.

LOSS, A. et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados de solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 2011.

LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**. v. 59, p. 31-36, 2007.

LUIZÃO, F. J. et al. Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas da Amazônia. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. D. et al. ed. **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, p. 87-100.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. Banco Mundial – Brasília: julho, 2003.

MARTINS, S. G. et al. Avaliação de Atributos de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Diferentes Povoamentos Florestais. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 32-41, jan./jun. 2002.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo de café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

MILLER, R. M.; JASTROW, J. D. Mycorrhizal fungi influence soil structure. In: KAPULNIK, Y.; DOUDS, Jr. D. D. **Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000, p. 3-18.

MOÇO, M. K. S. **Atributos biológicos em solo e serapilheira sob sistemas agroflorestais de cacau e outras coberturas vegetais**. Campos dos Goytacazes-RJ: UENF, 2010, 114 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

MONROE, P. H. M. et al. Soil carbon stocks and origin under different cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment** (Print), v. 221, p. 99-108, 2016.

MONROE, P. H. M. **Estoque de carbono do solo em sistemas agroflorestais de cacau no Sul da Bahia, Brasil**. Campos dos Goytacazes-RJ: UENF, 2015, 96 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R.; Carbon sequestration: an underexploited environmental benedit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 281-295, 2004.

MORALES, A. et al. Niveles de glomalina em suelos de dos ecosistemas del sur de Chile. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición vegetal**, v. 5, n. 1, p. 37-45, 2005.

MOREIRA, M. S. M.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.

MÜLLER M.W.; SENA-GOMES A.R.; ALMEIDA C. M. V. C. **Sistemas agroflorestais com cacau como exploração sustentável dos biomas tropicais**. In: MÜLLER M.W. et al. (eds). **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustento da vida e sustento de vida**. Ilhéus: SBSAF/CEPLAC/UENF. 2004, p. 169-179.

MÜLLER M. W.; ALMEIDA C. M. V. C.; SENA-GOMES A. R. Sistemas Agroforestales con cacao: Una alternativa para Explotaciones Sostenibles en el Trópico. **Seminario Internacional de Agroforesteria con Énfasis en Cacau**, outubro 2003, Bucaramanga, Colômbia. Anais CORPOICA.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172., p. 10-23, 2009.

NAIR, P. K. R.; GORDON A. M.; MOSQUERA-LOSADA M. R. Agroforestry. In: Jorgensen SE, Fath BD (eds) **Encyclopedia of ecology**, v. 1, p 101-110, 2008.

NICHOLS, K. A.; WRIGHT, S. F. Comparison of glomalin and humic acid in eight native US soils. **Soil Science**, v. 170, n. 12, p. 985-997, 2005.

NDAW, S. M. **Atividade e funcionalidade das comunidades nitrificadoras, desnitrificadoras e fixadoras de nitrogênio em solos sob diferentes coberturas vegetais na região norte do estado do Rio de Janeiro**. Campos dos Goytacazes-RJ: UENF, 2007. 152 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

NIELSEN K. M.; VAN ELSAS J. D. Stimulatory effects of compounds present in the rhizosphere on natural transformation of *Acinetobacter* sp. BD413 in soil. **Soil. Biol. Biochem.**, v. 33, 2001.

NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. B. N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 329-338, 2000.

PARKINSON D; COLEMAN D. C. Microbial communities, activity, and biomass. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 34, p. 3-33, 1991.

PURIN, S. **Fungos micorrízicos arbusculares: atividade, diversidade e aspectos funcionais em sistemas de produção de maçãs**. Lages-SC: UESC, 2005, 182 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina.

RAIJ, B. V. **A Capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos**. **Bragantia**, v. 28, n. 8, p. 85-112, 1969.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V eds. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, SOBRADE, 1998, p. 163-176.

RENNER, R. M. **Sequestro de Carbono e a Viabilização de Novos Reflorestamentos no Brasil**. Curitiba-PR: UFPR, 2004, 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal).

RESCK, D. V. S.; et al. Influência do uso e manejo do solo na produção de CO₂ em diferentes agroecossistemas na região dos cerrados. In: **CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 13. Águas de Lindóia, 1996. Solo-suelo 96: Resumos. Piracicaba: SBCS/SLCS, 1996.

REZENDE, J.L.P. et al. Decomposição de folhas de *Dalbergia nigra* e *Eucalyptus grandis* incubadas em terra de mata e de eucaliptal. In. **Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas**, 3. Trabalhos Voluntários. UFV – MG. p. 136-143, 1997.

RILLIG, M. C. et al. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant and Soil**, v. 233, p. 167-177, 2001.

RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; EVINER, V. T. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. **Plant and Soil**, v. 238, n. 2, p. 325-333, 2002.

RILLIG, M. C.; MAESTRE, F. T.; LAMIT, L. J. Microsite differences in fungal hyphal length, glomalin, and soil aggregate stability in semiarid Mediterranean steppes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 35, p. 1257-1260, 2003.

RILLIG, M. C.; RAMSEY, P. W.; MORRIS, S.; PAUL, E. A. Glomalin, an arbuscularmycorrhizal soil protein, responds to land-use change. **Plant and Soil**, v. 253, n. 2, p. 293-299, 2003.

RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 84, n. 4, p. 355-363, 2004.

RILLIG, M. C.; MUMMEY, D. L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytol.**, v. 171, p. 41-56, 2006.

RITA, J. C. O. et al. C e N contents in density fraction of whole soil and soil size fraction under cacao agroforest system and natural forests in Bahia, Brazil. **Environment Management**, v. 48, p. 134-141, 2011.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 556-562, 1994.

RYAN, M. H.; GRAHAM, J. H. Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture? **Plant Soil**, v. 244, p. 263-271, 2002.

SAITO, M. Symbiotic exchange of nutrients in arbuscular mycorrhizas: transport and transfer of phosphorus. In: KAPULNIK, Y.; DOUDS, Jr. D. D. ed. **Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000. p. 85-106.

SALGADO, G. M. **Estoque de carbono orgânico do solo e sua origem em sistemas agroflorestais com seringueira no Sul da Bahia, Brasil**. Campos dos Goytacazes-RJ: UENF, 2016, 70 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Laboratório de Solos. Campos dos Goytacazes.

SALTON, J. C. et al. Agregação E Estabilidade De Agregados Do Solo Em Sistemas Agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 11-21, out. 2007.

SAMBUICHI, R. H. R. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas em cabruca (mata atlântica raleada sobre plantação de cacau) na Região Sul da Bahia, Brasil. **Acta Bot. Bras.** v. 16, n. 1, p. 89-101, 2002.

SARKHOT, D. V., JOKELA, E. J., COMERFORD, N. B. Surface soil carbon size–density fractions altered by loblolly pine families and forest management intensity for a Spodosol in the southeastern US. **Plant and Soil**, v. 307, p. 99-111, 2008.

SETENTA W. C. **Sistema cacau-cabruca**: conservação produtiva na Mata Atlântica do sul da Bahia. Ilhéus-BA: UESC, 2003. 94 p. Dissertação (Mestrado Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente) – Universidade Estadual de Santa Cruz.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 113-117, 1997.

SILVA, R. F. **Roça Caiçara**: Dinâmica de Nutrientes, Propriedades Físicas e Fauna do Solo em um ciclo de Cultura. Seropédica-RJ: UFRRJ, 1998, 30 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Agronomia.

SILVA, C. F.; ARAÚJO, J. L. S.; SILVA, E. M. R. Proteína do solo relacionada à glomalina: uma alternativa para avaliação da qualidade do solo. In: FIGUEIREDO, M. V. B. et al. **Biotechnologia aplicada à agricultura**: textos de apoio e protocolos experimentais. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Recife, PE: Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), 2010, p. 519-532.

SILVA, A. M. M. **Estabilidade de agregados, carbono orgânico e glomalina do solo em diferentes sistemas de manejo no Quilombo de Mesquita - GO**. Brasília-DF: UnB, 2016. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Universidade de Brasília,.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 275-374.

SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; SAITO, S. M.; NEVES, M. C. P. ed. **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBCS, 1992, p. 257-282.

SIQUEIRA, J. O. et al. Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: CERETTA, C. S.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. ed. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa-MG: SBCS, 2007, p. 219-306.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 2. ed. San Diego: Academic Press, Inc., 1997.

SOARES FI., B. S. et al. Cenário de Desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005.

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, v. 74, p. 65-105, 1996.

SOUZA, F. A.; SILVA, I. C. L.; BERBARA, R. L. L. Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.;

18 BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Ed. Lavras: UFLA, 2008, p. 501-556.

SOUSAM, C. S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in successional stages of caatinga in the semi-arid region of Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 137-148, jan-mar., 2014.

SPERA, S. T. et al. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 37-44, 2010.

STEINBERG, P. D.; RILLIG, M. C. Differential decomposition of arbuscular mycorrhizal fungal hyphae and glomalin. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 35, n. 1, p. 191-194, 2003.

SWIFT, M. J.; WOOMER, P. Organic matter and the sustainability of agricultural systems: Definition and measurement. In: MULONGOY, K.; MERCKX, R. ed. **Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture**. ITA/K.U. Leuven, 1993. p. 3-18.

TEDESCO, H. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Rio Grande do Sul, 1985, 50 p. (Boletim Técnico, 5).

TISDALL, J. N.; OADES, J. N. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Edinburgh England, v. 33, p. 141-163, 1982.

TRESEDER, K. K.; MACK, M. C.; CROSS, A. Relationships among fires, fungi, and soil dynamics in Alaskan boreal forests. **Ecological Applications**, v. 14, p. 1826-1838, 2004.

TRESEDER, K. K.; TURNER, K. M. Glomalin in ecosystems. **Soil Science Society of America Journal, Madison**, v. 71, p. 1257-1266, 2007.

TROEH, F.; THOMPSON, L. M. **Solos e Fertilidade do Solo**. Durval Dourado Neto e Manuella Nóbrega Dourado (Tradução). Ed. Andrei, São Paulo-SP, 2007, 718 p.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I. R. Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. **Ecology** 79, v. 6, p. 2082-2091, 1998.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. J.; BATISTA, J. L. F. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: LAURANCE, W.; BIERREGARD, R. O.; MORTIZ, C. (Ed.) **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: University of Chicago Press, 1997, p. 351-365.

VIEIRA, S. R. et al. Variabilidade espacial de atributos e temporal do teor de água do solo sob duas formas de uso. **Bragantia**, v. 69, p. 181-190, 2010.

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forest. **Ecology**, v. 65, 1984, p. 285-29.

WOOD, C. W; EDWARDS, J. H. Agroecosystem management effects on soil carbon and nitrogen. **Agriculture Amsterdam**, v. 39, p. 1123-138, 1992.

WRIGHT, S. F.; ANDERSON, R. L. Aggregate stability and glomalin in alternative crop rotations for the Central Great Planus. **Biology and Fertility of Soils**, v. 31, p. 249-253, 2000.

WRIGHT, S. F.; FRANKE-SNYDER, M.; MORTON, J. B.; UPADHYAYA, A. Timecourse study and partial characterization of a protein on Hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. **Plant and Soil**, v. 181, p. 193-203, 1996.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. **Soil Science**, Baltimore, v. 161, p. 575-586, 1996.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and soil**, v. 198, p. 97-107, 1998.

WU, Q. S. et al. Direct and indirect effects of glomalin, mycorrhizal hyphae, and roots on aggregate stability in rhizosphere of trifoliolate orange. **Scientific Reports**, v. 4, p. 5823, 2014.

WU, Q. S.; WANG, S.; SRIVASTAVA, A. K. Mycorrhizal hyphal disruption induces changes in plant growth, glomalin-related soil protein and soil aggregation of trifoliolate orange in a core system. **Soil and Tillage Research**, v. 160, p. 82-91, 2016.

XIE, H. et al. Long-term manure amendments reduced soil aggregate stability via redistribution of the glomalin-related soil protein in macroaggregates. **Scientific Reports**, v. 5, p. 14687, 2015.

ZHANG, S. X. et al. Effects of conservation tillage on soil aggregation and aggregate binding agents in black soil of Northeast China. **Soil and Tillage Research**, v. 124, p. 196-202, 2012.