

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
CAMPUS UNAÍ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM ÁREAS
SUBMETIDAS A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E BIOATIVIDADE
DE SEUS ÁCIDOS HÚMICOS**

Michelle Moura Ramos

Unaí
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
CAMPUS UNAÍ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM ÁREAS
SUBMETIDAS A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E BIOATIVIDADE
DE SEUS ÁCIDOS HÚMICOS**

Michelle Moura Ramos

Orientador(a):
Leonardo Barros Dobbss

Professor(a):
Diego Azevedo Mota

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Ciências Agrárias, como parte
dos requisitos exigidos para a conclusão do
curso.

Unaí
2018

**QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA EM ÁREAS SUBMETIDAS A
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E BIOATIVIDADE DE SEUS ÁCIDOS
HÚMICOS**

Michelle Moura Ramos

Orientador(a):
Leonardo Barros Dobbss

Professor(a):
Diego Azevedo Mota

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Ciências Agrárias, como parte
dos requisitos exigidos para a conclusão do
curso.

APROVADO em 20 /02 /2018

Prof^o Alceu Linares Pádua Júnior – UFVJM/Unai

Prof^a Ingrid Horák Terra – UFVJM/Unai

Prof^o Leonardo Barros Dobbss – UFVJM/Unai

Sumário

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1 - INTRODUÇÃO.....	7
2 - OBJETIVOS.....	9
2.1. Objetivo Geral	9
2.2. Objetivos Específicos.....	9
3 - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	10
3.1. Amostragem dos solos de cinco diferentes sistemas de manejo.....	10
3.2. Fracionamento da Matéria Orgânica	10
3.3. Extração e purificação das SH.	10
3.4. Determinação da acidez nas amostras de SH:	10
3.5. Determinação dos teores de C, H e N nas SH:	10
3.6. Espectroscopia na região do ultravioleta-visível (UV-Vis) das SH:.....	10
3.7. Efeitos biológicos das SH (estímulo ao crescimento vegetal):.....	10
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS	12
4.1.1. Composição Elementar	12
4.1.2. Acidez Total, Carboxílica e Fenólica	13
4.1.3. Intensidade de Fluorescência e Relação E_4/E_6	14
4.2. ESTÍMULO BIOLÓGICO DAS SH SOBRE PLÂNTULAS DE MILHO..	15
4.2.1. Cultivo de mudas de milho (<i>zea mays</i> l.) em meio mínimo (cacl ₂ 2 mm) contendo ou não a dose de 6,25% de sh.....	15
5 - CONCLUSÕES.....	18
REFERÊNCIAS	20

RESUMO

A ação regulatória das substâncias húmicas sobre o metabolismo celular não é dependente da sua massa molecular, mas sim da presença de sinais químicos capazes de modular a sinalização celular. Neste estudo utilizaram-se substâncias húmicas isoladas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo com o intuito de caracterizá-las química e espectroscopicamente e desvendar seu estímulo biológico sobre plântulas de milho. Primeiramente procedeu-se a extração das substâncias húmicas dos diferentes solos para posteriormente realizar as seguintes análises químicas: composição elementar; acidez total, carboxílica e fenólica, intensidade de fluorescência e a relação E4/E6 dos ácidos húmicos. Após as análises para a caracterização química as diferentes substâncias húmicas foram testadas biologicamente sobre o crescimento de plântulas de milho com a concentração de ótima de 6,25% obtida após diluições do material concentrado obtido. De acordo com os resultados pode-se observar de uma maneira geral que o sistema rotação de culturas + adubação verde (RC+AV) foi o tipo de cultivo mais promissor, uma vez que fornece uma matéria orgânica de excelente qualidade, em relação aos outros tratamentos, de acordo com as características químicas de suas substâncias húmicas. As substâncias húmicas extraídas dos solos onde havia o consórcio RC+AV também foram as que promoveram o maior desenvolvimento das plântulas de milho (maiores massas frescas e secas de raízes e parte aérea das plantas). A elucidação das diferenças químicas entre as substâncias húmicas isoladas de diversos sistemas manejo, bem como a diferença entre a atividade biológica dos mesmos contribui eficazmente para o conhecimento da utilização dos diferentes sistemas de uso do solo para um cultivo mais sustentável, principalmente no que se diz respeito à qualidade da matéria orgânica.

Palavras-Chave: substâncias húmicas, atividade biológica, caracterização química, sustentável, estímulo biológico.

ABSTRACT

The regulatory action of humic substances on cell metabolism is not dependent on their molecular mass but on the presence of chemical signals capable of modulating cell signaling. In this study we used humic substances isolated from soils submitted to different management systems in order to characterize them chemically and spectroscopically and to unveil their biological stimulus on maize seedlings. Firstly, the humic substances were extracted from the different soils to perform the following chemical analyzes: elemental composition; total acidity, carboxylic and phenolic, fluorescence intensity and the E4 / E6 ratio of humic acids. After analysis for the chemical characterization the different humic substances were tested biologically on the growth of maize seedlings with the optimum concentration of 6.25% obtained after dilutions of the obtained concentrate material. According to the results it can be observed in general that the system of crop rotation + green manure (RC + VA) was the most promising type of crop, since it provides an organic material of excellent quality, in relation to the others treatments, according to the chemical characteristics of their humic substances. The humic substances extracted from the soil with the RC + AV consortium were also the ones that promoted the greater development of maize seedlings (larger fresh and dry masses of roots and shoots). The elucidation of the chemical differences between the humic substances isolated from different management systems, as well as the difference between the biological activity of the same contributes effectively to the knowledge of the use of the different systems of use of the soil for a more sustainable crop, mainly in what is said the quality of organic matter.

Key words: humic substances, biological activity, chemical characterization, sustainable, biological stimulus.

1 - INTRODUÇÃO

A produção agrícola moderna sustentável, tem como eixos fundamentais a adaptação das espécies ao ambiente de cultivo, o aumento da atividade biológica do solo e a otimização da ciclagem de nutrientes visando a minimização do uso de fertilizantes e a otimização da eficiência de seu uso. Nesses sistemas, a matéria orgânica assume um papel regulador dos fluxos de energia e de massa condicionando as propriedades do solo (ALTIERI, 2002).

O cultivo afeta a qualidade do solo e os impactos da atividade agrícola dependem de uma série de fatores inter-relacionados. A combinação de atributos químicos, físicos e biológicos afetados pelo uso do solo pode ser utilizada como indicadores de processos no solo que caracterizem as mudanças na sua qualidade num espaço determinado de tempo. Os processos a serem considerados guardam relação com uma função específica atribuída ao solo (CARTER et al., 1997). No âmbito dessa proposta de pesquisa a função do solo é considerada como de sustentar a produção biológica sem comprometer a expectativa de produção das gerações futuras.

Considerando a função do solo como de sustentação da atividade biológica, da diversidade e da produtividade é observada uma correlação elevada entre a matéria orgânica e a fertilidade do solo. Segundo HERRICK & WANDER (1998), a matéria orgânica contribui para a fertilidade servindo de fonte de nutrientes, providenciando superfícies de trocas e ainda pela sua capacidade de agir como tampão. Em sistemas com baixa entrada ou ainda sem uso de fertilizantes, o fornecimento de N, P, S e micronutrientes pode ser fortemente dependente da mineralização de tecidos de plantas e animais. A disponibilidade de cátions também é influenciada pela matéria orgânica e sua capacidade de troca de cátions (CTC). Além disso, a matéria húmica influencia a absorção de nutrientes, altera a morfologia das raízes das plantas e regula a expressão gênica de transportadores iônicos nas membranas celulares (CANELLAS et al., 2002). Portanto, a sempre citada relação positiva entre matéria orgânica e a qualidade do solo é consistente com os mais de cem anos de pesquisa em estações experimentais e com os milhares de anos de observação e experiência dos agricultores (HERRICK & WANDER, 1998). Essa relação está baseada na contribuição da matéria orgânica como constituinte do solo para o meio de crescimento das plantas, na regulação e compartimentalização dos fluxos de água e energia e na função de tampão ambiental (FRANZLUEBBERS, 2002). Uma revisão brilhante e consistente sobre o uso da matéria orgânica como indicador da qualidade do solo pode ser encontrada no trabalho de VEZZANI & MIELNICZUK (2009).

Apesar da existência dos mais variados estudos sobre caracterização química da matéria orgânica e de um certo consenso de que o teor de matéria orgânica é um importante indicador da qualidade do solo, ainda persistem várias incertezas sobre que aspectos considerar a respeito da qualidade da matéria orgânica do solo. Estudos de manejo de solo e a ação de técnicos extensionistas tendem a se beneficiar com os indicadores de qualidade. Esse trabalho de conclusão de curso pretendeu estabelecer uma possível relação entre qualidade do solo e diferentes sistemas de seu manejo. Estudos do efeito de diferentes práticas de manejo do solo (sejam elas de caráter conservacionista ou não) ganharam suporte científico em relação ao comportamento e natureza química da matéria orgânica componente fundamental do processo de produção agrícola sustentada.

2 - OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade e a matéria orgânica do solo através de técnicas químicas e espectroscópicas, bem como os efeitos biológicos (crescimento vegetal) dos ácidos húmicos isolados de solos situados em áreas do município de Unaí-MG e região escolhidas criteriosamente que se diferem quanto aos sistemas de manejo do solo utilizados.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar as características químicas das substâncias húmicas (SH) após o procedimento de extração;
- ✓ Estudar o efeito da atividade biológica das SH extraídas dos solos dos diferentes sistemas de manejo, na propriedade com transição agroecológica, sobre promoção do crescimento vegetal de plântulas de milho.
- ✓ Indicar a qualidade do solo

3 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Amostragem dos solos de cinco diferentes sistemas de manejo: O estudo foi realizado no Assentamento do Índio, em uma propriedade de transição agroecológica, no município de Unaí-MG. Foram coletados superficialmente (0-20 cm) solos dos seguintes sistemas: (i) sistema de plantio convencional (SPC); (ii) SPC + rotação de culturas (SPC+RC); (iii) sistema de plantio direto (SPD); (iv) SPD + rotação de culturas (SPD+RC); (v) SPD + rotação de culturas + adubação verde (RC+AV).

3.2. Fracionamento da Matéria Orgânica: O Fracionamento da matéria orgânica dos diferentes solos realizado foi realizado pelo método recomendado pela Sociedade Internacional das Substâncias Húmicas (IHSS, 2014) com pré-tratamento da amostra com HCl 0,1 mol L⁻¹ e uso de NaOH 0,1 mol L⁻¹ como solvente, numa relação solo:solvente de 1:20 (v/v).

3.3. Extração e purificação das SH: Para a extração e purificação das substâncias húmicas utilizou-se 100 g de cada amostra de solo e 1000 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹. O material foi agitado por um período de 6 horas e, posteriormente, os recipientes permaneceram em repouso para a separação das SH e huminas. As SH foram lavadas com água destilada até teste negativo com AgNO₃, dialisadas em membrana contra água destilada (12 a 14-kDa de exclusão) e secas por liofilização.

3.4. Determinação da acidez nas amostras de SH: A acidez total das SH foi realizada na Universidade de Brasília (UnB) e determinada pelo método do Ba(OH)₂ com titulação do excesso com HCl, já a acidez carboxílica foi determinada pelo tratamento com Ca(OAc)₂ e determinação do Ac liberado com NaOH e a fenólica por diferença, i.e.: acidez total - carboxílica, de acordo com método de SCHNITZER & GUPTA (1965).

3.5. Determinação dos teores de C, H e N nas SH: A determinação de C, H e N nas SH foi realizada num analisador elementar acoplado a espectrômetro de massa (Perkin-Elmer 1420). O teor de cinzas nas SH foi obtido submetendo o material a uma temperatura de 750° C, durante um período de 6 horas.

3.6. Espectroscopia na região do ultravioleta-visível (UV-Vis) das SH: A análise de (UV-Vis) das SH foi realizada num espectrofotômetro Shimadzu 8300, acoplado ao computador para gravação de espectros. A faixa examinada para o ultravioleta foi de 200 a 350 nm, e de 350 a 700 nm para a região do visível. Os espectros foram registrados em solução contendo SH diluídas em NaHCO₃ 0,05 mol L⁻¹ (20 mg C L⁻¹), com pH e força iônica ajustados para 8,0 e 0,01 mol L⁻¹, respectivamente. Para determinar o coeficiente E₄/E₆, a absorbância em 465 nm foi dividida pela obtida em 665 nm. Os espectros de emissão de fluorescência foram obtidos na mesma solução, utilizando-se valores de excitação fixa em 450 nm e faixa de emissão entre 330 e 500 nm, slit de 5 nm, velocidade de varredura de 120 nm min⁻¹ e correção automática do espectro. Os espectros foram obtidos utilizando-se fluorímetro Hitashi F4500.

3.7. Efeitos biológicos das SH (estímulo ao crescimento vegetal): Sementes de plantas de *Zea Mays* (milho) (CANELLAS et al., 2002 e DOBBSS et al., 2007) foram testadas quanto à sensibilidade na presença ou ausência (controle) das SH extraídas dos

solos provenientes dos diferentes sistemas de manejo estudados. As plântulas foram mantidas por 10 dias nos tratamentos (diferentes SH) e posteriormente coletadas para avaliação das massas frescas e secas das raízes e partes aéreas em balança analítica de precisão imediatamente após a coleta. As massas secas foram determinadas em balança analítica de precisão após 72h em estufa a 75° C.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

4.1.1. COMPOSIÇÃO ELEMENTAR

Os valores obtidos de C, H, N, O, bem como as razões atômicas das SH oriundas dos diferentes sistemas de cultivo avaliados estão apresentados na Tabela 1.

A composição elementar é a propriedade mais estável e fundamental das substâncias húmicas. Desta forma, tal análise pode revelar uma estreita relação entre o processo de formação das substâncias húmicas e a distribuição relativa dos átomos que as compõem (CANELLAS & SANTOS, 2005). São afetadas diretamente por diversos fatores entre eles o pH, tipo de material, vegetação e a idade do material de origem (STEVENSON, 1994).

As maiores concentrações de C, H e N deram-se nas SH oriundas da área de cultivo que possuía um sistema de plantio com rotação de culturas + adubação verde (SPD + RC + AV) (Tabela 1). A maior concentração de N é devido ao fato da rotação utilizar plantas que fixam o N atmosférico através de uma associação simbiótica de suas raízes com bactérias fixadoras de N, com isso, o incremento de nitrogênio nas substâncias húmicas isoladas desse tratamento já era esperado (STUART, 2011). Como o N é um elemento fundamental para o crescimento das plantas, provavelmente o conteúdo de C e H nas células vegetais foi aumentado, refletindo no aumento do conteúdo desses elementos na estrutura das SH. Os maiores níveis de O e menores níveis dos demais elementos (C, H e N) foram encontrados no sistema de plantio convencional (SPC) (Tabela 1), provavelmente por essa área estar com aporte recente de matéria orgânica e estar presente em um ambiente oxidado e redutor.

Tabela 1. Composição elementar e relações atômicas das SH isolados dos cinco tratamentos (diferentes sistemas de manejo) estudados. Os valores estão representados pelas médias mais ou menos os desvios padrão.

Tratamentos	C	H	N	O	Umidade	cinzas	C/N	H/C	O/C
	%					Razões atômicas			
RC+AV	44,64 ± 0,29	5,39 ± 0,16	5,88 ± 1,38	44,10 ± 1,44	5,83 ± 4,19	9,67 ± 6,72	9,23 ± 2,35	1,45 ± 0,05	0,74 ± 0,02
SPD+RC	43,96 ± 2,69	4,90 ± 0,66	4,42 ± 0,48	46,72 ± 3,70	8,37 ± 1,07	9,60 ± 2,65	11,67 ± 0,89	1,33 ± 0,10	0,80 ± 0,12
SPD	37,98 ± 2,12	5,05 ± 0,34	5,20 ± 1,52	51,78 ± 2,95	9,20 ± 0,72	10,07 ± 4,39	8,99 ± 2,60	1,59 ± 0,05	1,03 ± 0,11
SPC+RC	22,58 ± 1,39	4,31 ± 0,55	5,54 ± 1,76	67,58 ± 3,11	8,67 ± 5,51	13,00 ± 3,00	5,04 ± 1,34	2,29 ± 0,23	2,25 ± 0,23
SPC	16,66 ± 0,71	3,42 ± 0,46	4,22 ± 0,38	75,70 ± 0,92	1,25 ± 0,43	6,83 ± 1,76	4,64 ± 0,57	2,45 ± 0,24	3,41 ± 0,19

A alta relação C/N e a baixa relação H/C nas SH isoladas dos solos sob sistema de plantio direto mais rotação de culturas (SPD+RC) são consideradas indicadores de um alto grau de estabilidade do húmus e de uma grande quantidade de estruturas condensadas

(STEVENSON, 1994), este fato têm interpretação tradicional de índices de avanço da “humificação”. Assim a menor relação C/N e H/C assim como o maior relação O/C encontram-se no SPC sugerindo maior oxidação nesta área em comparação as demais estudadas.

4.1.2. ACIDEZ TOTAL, CARBOXÍLICA E FENÓLICA

A Tabela 2 apresenta os valores de acidez das SH isoladas dos solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. Por apresentar um grande número de diferentes grupos funcionais em sua estrutura, as SH apresentam uma natureza complexa (TANNURE, 2013). A dificuldade de determinar a quantidade de grupos funcionais presentes nas SH se dá devido à sua pequena solubilidade em água ou em solventes orgânicos, à ocorrência das reações paralelas e a natureza não estequiométricas das reações utilizadas para avaliar a acidez (CANELLAS & SANTOS, 2005).

Tabela 2. Acidez total, carboxílica e fenólica das cinco SH isoladas dos tratamentos estudados (diferentes sistemas de manejo). Os valores estão representados pelas médias mais ou menos os desvios padrão.

Tratamentos	Acidez total (mmol H ⁺ /g)	Acidez Carboxilica (mmol H ⁺ /g)	Acidez Fenólica (mmol H ⁺ /g)
RC+AV	24,207 ± 1,209	2,782 ± 0,687	21,424 ± 0,691
SPD+RC	19,617 ± 0,328	1,675 ± 0,037	17,941 ± 0,333
SPD	18,573 ± 1,179	2,686 ± 0,454	15,887 ± 0,729
SPC+RC	15,210 ± 0,799	2,104 ± 0,488	13,106 ± 0,868
SPC	13,487 ± 0,507	2,227 ± 0,354	11,259 ± 0,861

De acordo com DOBBSS *et al.* (2009), a reatividade da matéria orgânica do solo e, particularmente, das SH está relacionada às suas propriedades eletroquímicas. A acidez depende do conteúdo de grupos funcionais oxigenados. De modo geral, a reação da matéria orgânica com íons em solução depende das características das moléculas orgânicas (e.g., carga molecular, par de elétrons isolados, pKa, ponto isoelétrico, polaridade e massa molecular). No entanto, a avaliação dessas propriedades nas SH não é tarefa simples. São normalmente usadas para ácido as definições de Lowry e Brønsted e de Lewis. Os primeiros definiram um ácido como uma substância que libera próton (H⁺) e base como aquela que aceita H⁺. Um composto pode funcionar como um ácido (ou base) somente na presença de uma base conjugada (ou ácido). Lewis definiu um ácido como uma substância que pode receber um par de elétrons para formar uma ligação covalente, e uma base como aquela que pode fornecer um elétron para formar uma ligação covalente. Portanto, para se

comportar como ácido, uma molécula deve estar deficiente em elétrons e isso ocorre nos grupos funcionais das substâncias húmicas, tais como, R-COOH, OH, S-H.

Conforme se pode observar na Tabela 2, os maiores valores de acidez foram encontrados no tratamento em que se utilizou o sistema de manejo rotação de culturas + adubação verde (RC + AV). Quando a acidez total das SH é alta pode ser compatível com o grau elevado de oxidação das SH de clima tropical e, portanto, com elevado conteúdo de oxigênio (DOBBSS, 2006). MENDONÇA et al. (2006), por meio de curvas de titulação, observaram que as SH são a principal responsável pelo poder tampão de solos. Com isso, pode-se pressupor que os materiais húmicos extraídos de solos de boa qualidade, tal como o proporcionado pelo sistema de manejo rotação de culturas + adubação verde (RC + AV), apresentam uma maior resistência à variação de carga, ou seja, este sistema de cultivo proporciona aos solos uma maior estabilidade de sua matéria orgânica, representada pelos altos valores de acidez, bem como pela relativamente baixa relação acidez carboxílica/fenólica (GARCÍA-GIL et al., 2004).

4.1.3. INTENSIDADE DE FLUORESCÊNCIA E RELAÇÃO E_4/E_6

De acordo com a Tabela 3, o tratamento sistema de plantio convencional (SPC), representado por um solo que circundava a área experimental, foi o que apresentou a menor intensidade de fluorescência (IF). Já o tratamento onde utilizava-se o sistema de rotação de culturas + adubação verde (RC + AV) foi o que apresentou o maior valor de IF (Tabela 3). Analisando-se tal fato pode-se interpretar que as moléculas com menor distribuição de massa molecular, ou seja, moléculas mais condensadas foram as que apresentaram maior intensidade de fluorescência. Tal resultado gera uma relação entre a intensidade de fluorescência e o aumento da evolução da matéria orgânica humificada (CANELLAS & SANTOS, 2005).

Tabela 3. Intensidade de fluorescência e relação E_4/E_6 das cinco SH isoladas dos tratamentos estudados (diferentes sistemas de manejo). Os valores estão representados pelas médias mais ou menos os desvios padrão.

Tratamento	IF u.a.	E_4/E_6
RC+AV	378,375 ± 17,186	4,502 ± 0,060
SPD+RC	323,208 ± 0,543	5,474 ± 0,191
SPD	305,09 ± 2,230	6,250 ± 0,099
SPC+RC	281,140 ± 6,652	6,669 ± 0,126
SPC	201,707 ± 1,526	7,213 ± 0,086

A aplicação da espectroscopia na região do UV-VIS para estudar as substâncias húmicas gerou avanços no estudo da humificação e de suas reações. Tal análise possui como principal parâmetro a razão entre a absorbância em 465 nm e 665 nm de soluções aquosas diluídas de SH. Tal razão, denominada de E_4/E_6 , possui independência da

concentração de SH em solução, mas varia de acordo com o pH e com a classe do solo de onde foi isolado o material húmico (CANELLAS & SANTOS, 2005).

O tratamento SPC (sistema de plantio convencional) gerou um valor elevado de razão E_4/E_6 (Tabela 3). Valores elevados para a relação E_4/E_6 caracterizam menor grau de condensação e presença em maiores proporções dos componentes alifáticos na composição das substâncias húmicas (CANELLAS & SANTOS, 2005). Ao contrário, o tratamento rotação de culturas + adubação verde (RC + AV) produziu um valor de razão E_4/E_6 menor dentre as SH estudadas. Os valores de E_4/E_6 para SH são menores para solos com maior grau de evolução e a partir disso foi cunhada a seguinte sentença: quanto menor o valor da relação E_4/E_6 maior é o grau de aromaticidade das SH (CANELLAS & SANTOS, 2005). Como se pode também avaliar o grau de humificação das SH solúveis através de valores da relação E_4/E_6 (DOBBSS, 2006), pelos resultados obtidos pode-se constatar que o grau de humificação da matéria orgânica do tratamento gramínea-leguminosa é o maior e melhor com relação aos demais tratamentos indicando que os resíduos orgânicos adicionados ao solo pelo consórcio estão bem evoluídos.

4.2. ESTÍMULO BIOLÓGICO DAS SH SOBRE PLÂNTULAS DE MILHO

4.2.1. CULTIVO DE MUDAS DE MILHO (*Zea Mays* L.) EM MEIO MÍNIMO (CaCl₂ 2 MM) CONTENDO OU NÃO A DOSE DE 6,25% DE SH

A atividade biológica das SH sobre plântulas de milho foram determinadas através da pesagem (em balança de precisão) das massas frescas e secas das raízes (PFR e PSR respectivamente) e da parte aérea (PFPA e PSPA respectivamente) e os resultados estão apresentados nas Figuras 3, 4, 5 e 6.

Com relação às massas frescas das raízes Figura 3, pode-se observar que existe diferença significativa entre os tratamentos. Para este parâmetro avaliado, a SH isolada do solo em que havia o sistema rotação de culturas + adubação verde (RC + AV) foi o tratamento de maior estímulo às plântulas, seguido de sistema de plantio direto mais rotação de culturas (SPD+RC); sistema de plantio direto (SPD) e sistema de plantio convencional mais rotação de culturas (SPC+RC) que apresentaram não diferiram estatisticamente entre si. O tratamento controle (somente CaCl₂ 2 mM) e o tratamento sistema de plantio convencional (SPC) foram os tratamentos que menos promoveram mudanças ao crescimento das plântulas.

O aumento da massa radicular fresca é o resultado típico da influência das substâncias húmicas sobre o crescimento radicular e este fenômeno também foi manifestado em plântulas de milho tratadas com SH na concentração de 6,25%. Classicamente as SH são descritas como substâncias que possuem efeito tipo-auxínico, aumentando o desenvolvimento radicular (ROSA et al, 2009). Esta afirmativa foi comprovada por vários estudos como, por exemplo, o de SILVA et al. (1999), onde os autores observaram que as SH induziram o aparecimento de pelos radiculares na zona mais próxima da coifa, ou seja, na extremidade da raiz (efeito típico de pequenas doses do hormônio auxina).

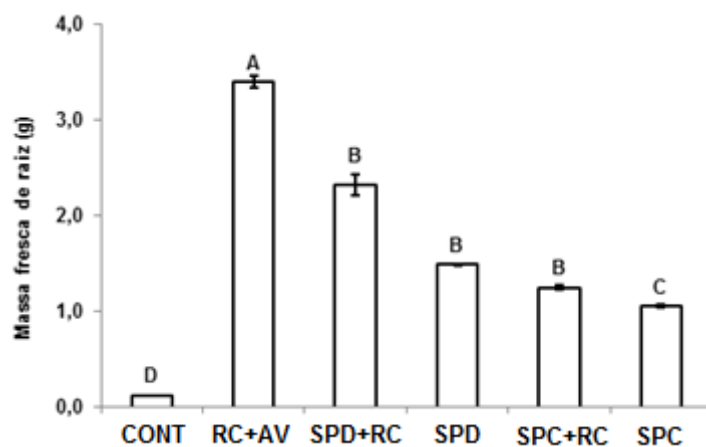


Figura 3. Massa fresca das raízes de plântulas de milho (*Zea mays* L.), em resposta a dose de 6,25% de substâncias húmicas (SH) isoladas de solos sob diversos sistemas de manejo (RC+AV; SPD+RC; SPD; SPC+RC e SPC).

Com relação à massa fresca da parte aérea também houve diferenças significativas entre a bioatividade das SH (Figura 4), com destaque para os tratamentos RC+AV e SPD. Os tratamentos com as SH isoladas dos solos sob cultivo de SPD+RC e SPC+RC onde não havia um sistema de cultivo pré-definido, não diferiram significativamente dos tratamentos RC+AV e SPD, no entanto também são similares significativamente ao tratamento onde o solo estava desnudo, SPC. Assim, podemos considerar que os tratamentos SPD+RC e SPC+RC apresentam uma classificação intermediária em relação ao estímulo quando comparado aos outros tratamentos. Novamente o tratamento controle onde foi fornecido somente o meio mínimo às plantas foi o que apresentou a menor massa fresca da parte aérea (Figura 4). Há muito tempo pesquisadores têm encontrado na matéria orgânica humificada substâncias fisiologicamente ativas com capacidade de influenciar positivamente o desenvolvimento das plantas (BOTTOMLEY, 1917). Geralmente, é observado um forte estímulo no desenvolvimento radicular (bem mais do que na parte aérea) com concentrações relativamente pequenas de SH em solução (VAUGHAN & MALCOLM, 1985).

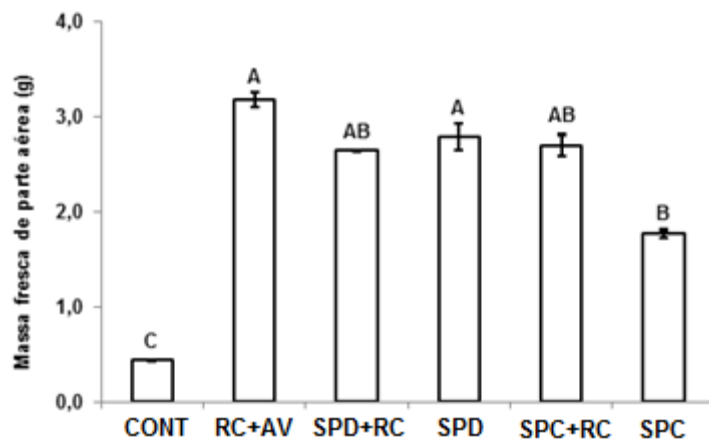


Figura 4. Massa fresca da parte aérea de plântulas de milho (*Zea mays* L.), em resposta a dose de 6,25% de substâncias húmicas (SH) isoladas de solos sob diversos sistemas de manejo (RC+AV; SPD+RC; SPD; SPC+RC e SPC).

A Figura 5 mostra o efeito das substâncias húmicas isoladas de solos submetidos a diferentes formas de cultivo sobre a massa seca das raízes de plântulas de milho. Com relação a esse parâmetro novamente as SH isoladas dos solos submetidos ao sistema RC+AV tiveram destaque, sendo a que proporcionou o maior estímulo às plântulas. Estatisticamente os tratamentos SPD+RC; SPD; SPC+RC não diferiram significativamente do tratamento RC+AV e também são similares ao tratamento SPC. Conforme esperado o tratamento controle (sem adição de SH) foi o que menos estimulou as plantas com relação à massa seca das raízes (Figura 5).

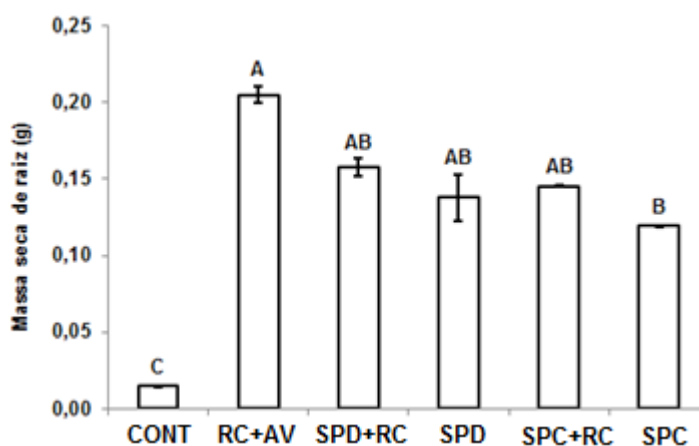


Figura 5. Massa seca das raízes de plântulas de milho (*Zea mays* L.), em resposta a dose de 6,25% de substâncias húmicas (SH) isoladas de solos sob diversos sistemas de manejo (RC+AV; SPD+RC; SPD; SPC+RC e SPC).

Diversos pesquisadores já apresentaram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, um exemplo é o trabalho de ZANDONADI (2006), onde os autores mostraram que o número de raízes laterais emergidas foi até 160% superior nas plantas tratadas com SH, em comparação com as plantas controle, e paralelamente também observaram aumentos na área radicular das plantas, demonstrando o potencial das SH em estimular o desenvolvimento de diferentes espécies vegetais. Segundo NIBAU et al. (2008), a formação das raízes laterais controla a arquitetura do sistema radicular sendo seu desenvolvimento influenciado por vários fatores, como por exemplo o do efeito de substâncias que possuem atividade tipo hormonal tal como as SH.

A Figura 6 mostra a existência de diferença significativa entre os tratamentos (RC+AV; SPD+RC; SPD; SPC+RC e SPC) quando relacionado às plântulas controle (sem SH). No entanto tais tratamentos quando comparados entre si não apresentaram diferenças significativas com relação à massa seca da parte aérea (Figura 6). Uma possível justificativa para isto é que algumas plantas possuíam maior número de folhas, e também sendo elas mais túrgidas (dados não apresentados) que outras, influenciando diretamente nas suas

capacidades de absorção de água nos tecidos das folhas. Partindo deste princípio, uma planta com muita água, possuirá também uma perda mais intensa, desta forma, as plantas podem apresentar maior massa fresca que as demais (Figura 4), porém massas secas sem diferenças significativas (Figura 6).

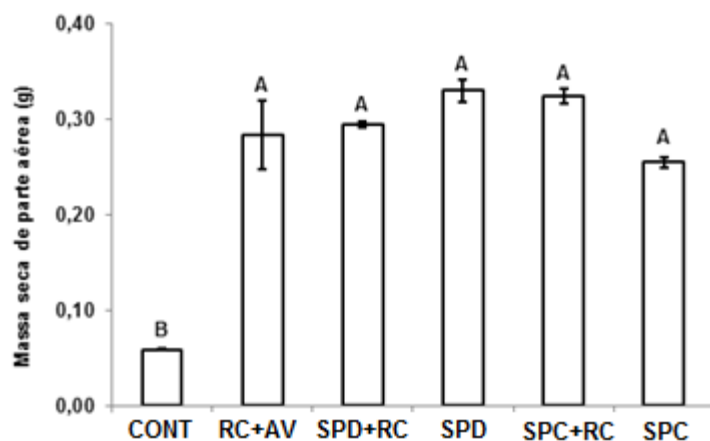


Figura 6. Massa seca da parte aérea de plântulas de milho (*Zea mays* L.), em resposta a dose de 6,25% de substâncias húmicas (SH) isoladas de solos sob diversos sistemas de manejo (RC+AV; SPD+RC; SPD; SPC+RC e SPC).

De acordo com os resultados da atividade biológica sobre as plântulas de milho (Figuras 3 a 6) pode-se constatar que a qualidade das SH podem ser definidas e alteradas de acordo com o manejo do solo e da matéria orgânica (BAYER & MIELNICZUK, 1999; FREIXO *et al.*, 2002). Portanto, para a obtenção de SH de boas qualidades para a aplicação em culturas (tal como a de milho), o uso da terra e o sistema de cultivo adotado deve ser restaurador ou recuperador do solo e da matéria orgânica tal como o do sistema rotação de culturas + adubação verde (RC+AV).

5 - CONCLUSÕES

- As características químicas das SH obtidas através das análises de composição elementar, acidez e intensidade de fluorescência, bem como a análise da atividade biológica sobre plântulas de milho puderam contribuir para o conhecimento de utilização dos diferentes sistemas de manejo do solo para um cultivo mais sustentável.

- Todos os parâmetros avaliados (tanto os químicos quanto os biológicos) direcionaram para uma condição mais favorável da qualidade da constituição da matéria orgânica quando solos são cultivados com sistemas conservadores, tal como o do consórcio entre rotação de culturas e adubação verde em plantio direto.
- Todas as SH estudadas demonstraram capacidade de incrementar o crescimento de plântulas de milho, com um destaque nítido para as isoladas do solo sob sistema de consórcio entre rotação de culturas e adubação verde em plantio direto.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M.A. (2002) **Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments**. *Agric. Ecosys. and Environment*, 93: 1-24.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. (1999) **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, p. 9-26.

BOTTOMLEY, W.B. (1917) **Some effects of organic-promotion substances auxinones) on the growth of *Lema minor* in mineral cultural solutions**. *Roy. Soc. Proc., B. London*. 89: 481- 507.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.L.O.; FAÇANHA, A.R. (2002) **Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots**. *Plant Physiol.*, 130: 1951-1957.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A. (eds.) (2005) **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes: L.P. Canellas, G.A. Santos, 309 p.

CARTER, M.B.; GREGORICH, E.G.; ANDERSON, D.W.; DORAN, J.W.; JANZEN, H.H. (1997) **Concepts of soil quality and their significance**. In: E.G. Gregorich and M.R. Carter (eds.) **Soil quality for crop production and ecosystem health**. *Developments in Soil Science* 25. Elsevier, Amsterdam. p. 1-17.

DOBBSS, L.B. (2006) **Eletroquímica do horizonte superficial de latossolos e caracterização de suas substâncias húmicas**. Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 86p.

DOBBSS, L.B., MEDICI, L. O., PERES, L. E. P., PINO-NUNES, L. E., RUMJANEK, V. M., FAÇANHA, A.R., CANELLAS, L.P. (2007) **Changes in root development of Arabidopsis promoted by organic matter from oxisols**. Ann. Appl. Biol., 151: 199-211.

DOBBSS, L.B., RUMJANEK, V. M., BALDOTTO, M. A., VELLOSO, A. C. X., CANELLAS, L. P. (2009). **Caracterização química e espectroscópica de ácidos húmicos e fúlvicos isolados da camada superficial de latossolos brasileiros**. R. Bras. Ci. Solo, 33:51-63.

FRANZLUEBBERS, A.J. (2002) **Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality**. Soil Till. Res., 66: 95-106.

FREIXO, A.F.; MACHADO, P.L.O.A.; SANTOS, H.P.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. (2002) **Soil organic and fractions of Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil**. Soil and Tillage Research, 64: 221-230.

GARCÍA-GIL, J.C., CEPPI, S.B., VELASCO, M.I., POLO, A., SENESI, N. (2004). **Long-term effects of amendment with municipal solid waste compost on the elemental and acidic functional group composition and pH-buffer capacity of soil humic acids**. Geoderma, 121:135-142.

HERRICK, J.E.; WANDER, M.M. (1998) **Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils: The importance of distribution, composition, and soil biological activity**. In: Lal, R.; Kimble, J.M.; Follet, R.F. & Stewart, B.A. (eds.). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton, CRC Press, p. 405-425.

MENDONÇA, E.S.; ROWELL, D.L.; MARTINS, A.G.; SILVA, A.P. (2006) **Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil.** *Geoderma*, 132: 131-142.

NIBAU, C.; GIBBS, D.J.; COATES, J.C. (2008) **Branching out in new directions: The control of root architecture by lateral root formation.** *New Phytol.*, 179: 595-614.

ROSA, C.M.; CASTILHOS, R.M.V.; VAHL, L.C.; CASTILHOS, D.D.; PINTO, L.F.S.; OLIVEIRA, E.S.; LEAL, O.A. (2009) **Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em Phaseolus vulgaris L.** *R. Bras. Ci. Solo*, 33: 959-967.

SCHNITZER, M.; GUPTA, U.C. (1965) **Determination of acidity in soil organic matter.** *Soil Sci. Am. Soc. Proc.*, 29: 274-277.

SILVA, R.M.; JABLONSKI, A.; SIEWERDT, L. & SILVEIRA JÚNIOR, P. (1999) **Crescimento da parte aérea e do sistema radicular do milho cultivado em solução nutritiva adicionada de substâncias húmicas.** *R. Bras. Agroci.*, 5:101-110.

STEVENSON, F.J. (1994) **Humus chemistry: genesis, composition, reactions.** New York: John Wiley and Sons, 496p.

STUART, J. (2011) **Leguminosas fixadoras de nitrogênio facilitam outras espécies arbóreas em uma floresta de restinga.** Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Biociências. São Paulo, 127p.

TANNURE, F.P. (2013) **Avaliação química e atividade biológica de materiais húmicos isolados do Ecossistema Manguezal.** Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas). Universidade Vila Velha (UVV). 65p.

VAUGHAN, D., MALCOLM, R. E. (1985) **Influence of humic substances on growth and physiological processes**. In: Vaughan, D. & Malcolm, R. E. (eds.) **Soil organic matter and biological activity**. Dordrecht: Martins Nijhoff Dr W. Junk Publisher, p.37-75.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. (2009) **Uma Visão sobre qualidade do solo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 743-755.

ZANDONADI, D.B. (2006) **Bioatividade de Substâncias Húmicas: Promoção do desenvolvimento radicular e Atividade das Bombas de H⁺**. *Dissertação (mestrado em Produção Vegetal)* - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 160p.

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e/ou divulgação total ou parcial do presente trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

Michelle Moura Ramos
michellemouraramos@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUINTINHONHA E MUCURI
CAMPUS UNAÍ