

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE ÁCIDO HÚMICO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO CULTIVADO COM PASTAGEM

INFLUENCE OF HUMIC ACID APPLICATION ON CHEMICAL CHARACTERISTICS OF PASTING CULTIVATED SOIL

⁴SANTOS, M. G. P.; ¹CLAUDINO, T. M.; ³PIZANI, G. A.; ⁴FIGUEIRA, M. D.; ²CONTIN, R. F.

¹Mestrando em Agronomia (Energia na agricultura) – UNESP-FCA de Botucatu.

²Mestrando em Agronomia – UENP de Bandeirantes.

³Engenheiro Agrônomo da Usina São Luiz S/A - Ourinhos

⁴Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos – UNIFIO de Ourinhos.

RESUMO

No Brasil, a maioria das pastagens do sistema pecuário se encontram de forma degradada resultando em uma baixa produtividade por área, no que resulta as grandes quantidades de hectares de pastagem para criação animal. Para modificar este cenário, o manejo do solo utilizando substâncias húmicas tem grande importância por resultados na física, química e biologia destes ambientes. Neste estudo de caso, foram realizadas aplicações de ácido húmico + fúlvico em pastagens de criação de bovinos de corte, localizada em Jundiá do Sul – PR. O ensaio era composto de dois piquetes “gêmeos”, as aplicações ocorrem em um destes, enquanto o outro foi utilizado como padrão. A área tratada foi pulverizada nos anos de 2017 e 2018 com o composto de ácido húmico + fúlvico e se analisam as características químicas do solo e a composição mineral das folhas. Conclui-se que a utilização substâncias húmicas por dois anos consecutivos melhoraram as condições químicas de fertilidade do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes, elevação de CTC e V%, além de neutralizar o Al^{3+} , resultando no maior crescimento de massa vegetal.

Palavras-chave: *Urochloa decumbens*. Degradação. Fertilidade. Matéria Orgânica. Ácidos Orgânicos.

ABSTRACT

In Brazil, most pastures of the livestock system are degraded resulting in low productivity per area, resulting in large amounts of hectares of pasture for animal husbandry. To modify this scenario, soil management using humic substances is of great importance for results in the physics, chemistry and biology of these environments. In this case study, applications of humic + fulvic acid were performed in beef cattle pasture, located in Jundiá do Sul - PR. The assay consisted of two "twin" pickets, the applications occurring in one of these, while the other was used as standard. The treated area was sprayed in 2017 and 2018 with the compound of humic acid + fulvic and the chemical characteristics of the soil and the mineral composition of the leaves were analyzed. It was concluded that the use of humic substances for two consecutive years improved the chemical conditions of soil fertility, increasing nutrient availability, increasing CTC and V% and neutralizing Al^{3+} , resulting in higher plant mass growth.

Keywords: *Urochloa decumbens* Degradation. Fertility. Organic Matter. Organic Acids.

INTRODUÇÃO

O sistema de pecuária brasileira tem como característica importante a maior parte de seu rebanho criado a pasto, isso pela maior praticidade e economia no oferecimento de alimento para os bovinos e a partir desta vocação da pecuária, no Brasil, propiciada pelas condições climáticas e territoriais do país, o que proporciona tem os menores custos de produção de carne do mundo (FERRAZ; FELÍCIO, 2010).

Estas características, podem ser vantajosas em determinados aspectos, contribuíram e ainda contribuem para a pecuária extensiva com baixo investimento no uso de tecnologia e insumos na formação e manejo da pastagem (DIAS-FILHO, 2011a). Em desvantagens, estas práticas culturais contribuíram para a degradação dos pastos, principalmente de criação extensiva de gado de corte.

Além disto, nos últimos 30 anos, há um baixo crescimento médio nas áreas brasileiras de pastagem, isto decorrente da expansão agrícola e sobretudo do aumento da produtividade da atividade pecuária (DIAS- FILHO, 2011a).

Para Torres Júnior e Aguiar (2013), a produtividade média da pecuária de corte está em torno de em $5,1 \text{ arrobas.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, ainda é considerada baixa e assim podendo ser melhorada substancialmente.

Em regiões de clima tropical e subtropical como o Brasil, as práticas inadequadas de manejo da desta cultura são apontadas como uma das principais causas de degradação da pastagem, relacionadas com ausência de adubações periódicas para manutenção da fertilidade do solo, falhas nos estabelecimentos e problemas bióticos (DIAS- FILHO, 2011b).

A necessidade da melhoria nos tratos culturais em pastagens é evidente para possibilitar o aumento de unidade animal por área, e assim maior produtividade. Fatores como correção do solo e adubação são de extrema importância, contudo são encontradas baixas concentrações de matéria orgânica no solo em áreas degradadas, fator de alta importância pois a maioria das áreas de pasto estão situadas em solos de baixa aptidão agrícola, solos com baixos teores de argila e ácidos, necessitando assim a melhora da estrutura física e biológica do solo (DIAS-FILHO, 2011b). Componentes como substâncias húmicas, fracionadas em ácidos húmicos + ácidos fúlvicos tem a funcionalidade da melhoria destas características, elevando a quantidade de cargas negativas no solo e melhorias o aproveitamento e disponibilização de nutrientes, melhora na estrutura física do solo, na fauna microbiana, além da retenção de água e nutrientes. Tais fatores otimizam a produção e qualidade da massa vegetal para alimentação dos animais (CARON; GRAÇAS; CASTRO, 2015)

Sucintamente, substâncias húmicas são compostos orgânicos condensados produzidos pela ação microbiana (quando extraído de turfa ou vermicompostos) que se diferem dos biopolímeros pela sua estrutura molecular e persistência no solo

(BALDOTTO *et al.*, 2010), além de serem substâncias consideradas macromoléculas ou supramoléculas, pelo seu alto peso molecular.

As substâncias húmicas são constituintes de 70 a 80% da matéria orgânica da maioria dos solos, sendo nas frações húminas (HUM), ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF), onde são determinados de acordo com sua solubilidade em meio alcalino ou ácido (PRIMO; MENEZES; DA SILVA, 2011).

Já os ácidos húmicos são altamente solúveis em meio alcalino e insolúveis quando diluídos em meio ácidos, possui a coloração escura por ser composto por macromoléculas de elevada massa molecular (STEVERSON, 1994). Além disto, apresentam altas concentrações de C, menores de O e teor similar de H em relação aos ácidos fúlvicos, possuindo massa molecular relativa maior do que os ácidos fúlvicos, tendendo a ter mais aromáticos e menos grupos carboxílicos e grupos C-O alquil, provavelmente por conter maior número de conteúdo de estruturas do tipo polissacarídeos (PICCOLO, 2002).

Tanto o AH quanto o AF são compostos químicos altamente reativos e essa reatividade deve-se aos grupos carboxílicos e hidroxilas fenólicas responsáveis por sua acidez. A acidez do AH é inferior ao AF, por razão do seu menor teor de carboxilas (CANELLAS; FAÇANHA, 2004).

O objetivo do presente trabalho foi analisar as modificações químicas no solo e no tecido vegetal após a aplicação do ácido húmico+fúlvico na pastagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo de caso foi conduzido na fazenda São José localizada na cidade de Jundiaí do Sul – PR, em coordenadas 23°33'10.7"S 50°17'32.9"W. As áreas de experimentação foram de piquetes inteiros, sendo estes “gêmeos” com aclives e declives parecidos, com área de 4 hectares. Em ambos a pastagem já está implantada há anos e a criação de gado de corte é presente. A pastagem cultivada tem em sua maioria *Urochloa decumbens*.

O trabalho foi iniciado no ano de 2017, sendo os tratamentos T1 (Controle) - T2 (ácido húmico+fúlvico) na dosagem de 150 L ha⁻¹ obtidos da empresa DNAGRO do Brasil. Como o produto foi aplicado na área total, o talhão controle/testemunha será nomeado como Talhão T1 e a área que recebeu o tratamento denominado como Talhão T2.

Em junho de 2017, foi realizada a análise de solo na profundidade de 0-20 para correção de condicionamento e fertilidade do solo nas áreas do ensaio. Os resultados seguem abaixo na Tabela 1.

Tabela 1. Médias das Análise de solo retirada em 2017 nas áreas T1 e T2.

Variável analisada	Unidade de mensuração	Profundidade (cm)	
		0-20	
		AH	Controle
pH (CaCl ²)	--	5,3	5,0
pH (H ₂ O)	--	6,1	5,8
M.O	g/dm ³	45	28
P resina		12	8
Al ³⁺		0	0
H+Al		41	34
K	mmol _c /dm ³	2,5	2,3
Ca		70	32
Mg		12	7
SB		84	42
CTC		125	76
V%		67	55
S		8	9
B		0,33	0,17
Cu	mg/dm ³	1,1	1,0
Fe		50	29
Mn		38,1	30,3
Zn		4,4	2,3

Fonte: Laboratório de análises de solo e plantas das faculdades integradas de Ourinhos.

Em ambas as áreas foram feitos os corretivos de solo e adubação de fertilizantes mistos sólidos aplicados de acordo com a necessidade da análise do solo onde estas apresentavam a mesma necessidade de correção de condicionamento e fertilidade, o único tratamento realizado então foi a aplicação de 400 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral misto 20-05-20 em cobertura. Diferenciando entre os tratamentos somente a adição do ácido húmico + fúlvico.

Foram realizadas duas aplicações anuais de 150 L ha⁻¹ no T2, sendo a primeira realizada em novembro de 2017 e a segunda em novembro de 2018, na mesma dosagem de 150 L ha⁻¹, o produto foi aplicado puro via terrestre sobre a pastagem implantada utilizando um pulverizador de arrasto de capacidade de 600 litros, as pontas para aplicação foram do modelo APM-003.

No dia 14 de março de 2019, foram realizadas as coletas de solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm. Para isso, foi retirada a cobertura do solo e realizada a coleta das amostras simples com a utilização do trado, devidamente

marcado anteriormente com a régua graduada nas profundidades de cada coleta. As coletas de amostras simples foram realizadas em zig-zag pela área, totalizando 20 coletas que foram inseridas em embalagens plásticas limpas identificadas com a profundidade e tratamento, ao fim, com os solos coletados foram misturados e enviados para análises laboratoriais na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP-FCA) em Botucatu, SP.

Para análise de tecido vegetal, foram coletadas 20 amostras simples para formação de uma amostra completa que foi enviada para análise no mesmo laboratório citado acima. A coleta foi realizada através do corte das folhas a 2 cm do solo, realizada em zig-zag pela área.

Os resultados obtidos das análises foram tabulados no software Excel 365 para o cálculo de diferenças de acréscimo ou decréscimo, assim como as diferenças percentuais entre os tratamentos. A análise estatística utilizada foi a descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados expressos na análise de solo coletadas à 0-10 e de 10-20 cm de profundidade dos tratamentos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Análise de solo realizada na Fazenda São José nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, com tratamento de ácido húmico + fúlvico (AH) e o controle.

Variável analisada	Unidade de mensuração	Profundidade (cm)			
		0-10		10-20	
		AH	Controle	AH	Controle
pH (CaCl ₂)	--	5,2	4,6	6,0	5,4
pH (H ₂ O)	--	4,8	5,4	5,6	5,5
M.O	g/dm ³	51	36	34	21
P resina		14	9	8	5
Al ³⁺		0	1	1	1
		AH	Controle	AH	Controle
H+Al	mmol _c /dm ³	28	38	36	29
K		7,2	1,4	3,4	0,8
Ca		59	37	59	28
Mg		12	5	8	3
SB		78	43	71	31
CTC		106	81	108	60
V%		73	54	66	52
S	mg/dm ³	5	3	4	4
B		0,21	0,23	0,33	0,19
Cu		1,6	1,1	1,2	0,9
Fe		110	114	90	78
Mn		42,1	42,1	43,1	41,9
Zn		8,1	3,6	3,4	1,8

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, UNESP-FCA de Botucatu.

Onde a sigla AH (ácido húmico+fúlvico) corresponde a área T2, tratada por dois anos com aplicação de substâncias húmicas em pulverização área motorizada conforme descrito nos materiais e métodos.

Através da Tabela 2, foi possível observar que houve diferenças significativas nas variáveis analisadas, mas para discussão e observação destes dados, na Tabela 3 são apresentados o acréscimo ou decréscimo das variáveis químicas do solo avaliadas pela análise após o tratamento com AH, estes dados foram expressos através ganhos numericamente (T2-T1) e em porcentagem através da expressão $[(T2/T1)*100]-100$.

Tabela 3. Acréscimos ou decréscimo das variáveis químicas do solo tratado com ácido húmico + fúlvico.

Variável analisada	Unidade de mensuração	Profundidade (cm)			
		0-10		10-20	
		numérico	%	numérico	%
pH (CaCl ²)	--	0,6	11,7	0,1	1,7
pH (H ₂ O)	--	0,6	10,1	0,1	1,4
M.O	g/dm ³	15,1	29,7	12,3	36,7
P resina		5,9	41,4	2,6	33,6
Al ³⁺		-0,2	-50,0	-0,1	-14,3
H+Al		-9,3	-32,9	7,8	21,5
K		5,8	80,0	2,6	77,1
Ca		22,4	37,8	31,7	53,3
Mg		6,6	57,1	5,3	64,0
SB		34,8	44,5	39,6	55,7
CTC		25,5	23,9	47,4	44,1
V%		19,9	--	13,7	--
S		1,2	25,5	0,6	14,9
B		0,0	-6,4	0,1	43,0
Cu		0,5	30,4	0,3	24,1
Fe		-4,6	-4,2	12,5	13,9
Mn		0,0	0,0	1,2	2,8
Zn		4,5	55,3	1,6	48,0

Fonte: Os autores

Primeiramente, deve-se evidenciar que as substâncias húmicas são compostos orgânicos que, no solo, irão constituir a como a matéria orgânica (CANELLAS, 2005), sendo assim podendo relacionar que a adição de ácido húmico + fúlvico apresenta o incremento na matéria orgânica do solo, como relata Moreira e Siqueira (2002), explicam que a fração humificada corresponde quase a totalidade da matéria orgânica do solo devido a sua reatividade.

Observa-se que os maiores resultados foram evidentes na camada superficial do solo, isto pelo motivo da aplicação do fertilizante e do AH ser realizada sobre a pastagem.

Praticamente todos os fatores tiveram influência após o tratamento, com exceção do Mn que na camada de 0-10 cm não apresentou diferença.

Dos fatores químicos associados os corretivos de solo, o AH influenciou principalmente na camada superficial do solo (0-10), o pH teve o acréscimo de 0,6 na camada superficial, enquanto na camada de 0-20 de apenas 0,1. Resultados corroboram aos encontrados por Santos et al. (2002) material orgânico em solos de baixo pH e fertilidade tendem a estabilizar o pH para próximo da neutralidade.

O incremento de CTC (Capacidade de Troca Catiônica) na área tratada foi de 23,5 e 44,1% nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm respectivamente. Isto é está relacionado ao o incremento de matéria orgânica no solo, que em análise se demonstrou no incremento de 15,1 g.dm⁻³ e 12,3 g.dm⁻³, respectivamente nas camadas de 0-10 e 10-20. Como matéria orgânica humificada, incrementa-se consideravelmente a CTC de um solo, assim como a elevação do pH. O teor de matéria orgânica é um bom indicador da qualidade do solo, pois tem interação com diversos fatores favoráveis à melhor nutrição das plantas (FAGEA, 1984; SANTOS et al., 2002; FRAGA; SALCEDO, 2004; LEITE; GALVÃO, 2008). Estas informações corroboram com estudos realizados por Rocha et al. (2004), estes relatam que altos teores de matéria orgânica contribuem para maior armazenamento de carbono, aumento da CTC, elevada complexação de nutrientes tóxicos, melhoria na estrutura física do solo, além da melhor infiltração e retenção de água no solo.

Assim como Canellas e Santos (2005), ressaltam o aumento linear da CTC (%) e V% em razão ao teor de ácidos húmicos presentes no solo.

Na camada superficial, a aplicação da substância húmica praticamente neutralizou a presença do Al³⁺, fator importante para o maior desenvolvimento das raízes e o aumento absorção de nutrientes para o crescimento do vegeta. O alumínio é um fator importante na produção agrícola que limita a produtividade em diversas culturas, diminuindo o sistema radicular principalmente das plantas mais sensíveis, diminuindo a absorção de água e nutrientes do solo, e além de menos produtivas são mais susceptíveis ao déficit hídrico (MIGUEL et al., 2010).

No solo, as substâncias húmicas podem ser classificadas como pseudo-micelas, com uma parte hidrofóbica voltada para o interior e hidrofílica no seu

exterior, sendo em um arranjo supra-estrutural de pequenas unidades de substâncias húmicas ligadas por ligações fracas de van der Waals, outras ligações hidrofóbicas a pH neutro e pontes de hidrogênio em valores mais baixos de pH (WERSHAW, 1993; PICCOLO, 2002).

A maioria dos nutrientes, com exceção ao ferro, apresentaram maior disponibilidade para as plantas na área tratada, o fósforo, elemento de grande importância que é retido rapidamente pelas micelas coloidais no solo teve o incremento 41,4% em ambiente corrigido pelo ácido húmico, isso se dá por dois fatores diretos, o primeiro é pela liberação dos mesmos do colóide pelos ácidos húmicos e fúlvicos e o segundo pela menor adsorção após uma adubação fosfatada (ANDRADE et al., 2003). A presença da matéria orgânica no solo melhora a eficiência da adubação fosfatada pela liberação de ácidos orgânicos nos quais competem pelo mesmo sítio de fixação que o P, desta forma tornando-o lábio as plantas (BOT; BENITES, 2005).

A característica da substância húmica ser parte da matéria orgânica e mecanismo coloidal leva a uma adsorção de nutrientes nos colóides, diminuindo assim a sua lixiviação, como por exemplo o NH_4^{3+} , K, Mg, Cu, e Zinco. Sendo assim, plantas com melhor nutrição podem apresentar maior produção de massa, tanto de raízes quanto de parte aérea. Isso ocorre pois, para que o solo tenha a capacidade de suprir as necessidades nutricionais das culturas, deve possuir além dos níveis adequados de nutrientes, as condições ideais para que as plantas possam absorvê-los, como pH, aeração, umidade, matéria orgânica, temperatura e presença de íons, sendo que a MO é um fator que influencia em todos os outros (PRADO, 2008; CHIODINI et al., 2013).

Além do fator da disponibilidade dos nutrientes no solo, as substâncias húmicas tem a capacidade de estimular o crescimento de plantas, pois compostos químicos presentes na mesma possuem a capacidade de induzir a síntese da bomba de prótons na célula, aumentando sua energia, este tipo de transporte é necessário para que as proteínas transportadoras movam o nutriente solo para dentro da célula, contudo há um gasto de energia. Sendo assim com a maior entrada de nutrientes pela maior atividade da bomba de prótons as plantas ficam mais vigorosas e resistem aos estresses abióticos, além de absorverem e acumularem mais nutrientes (CLAPP et al., 2001; NARDI et al., 2002; PRADO, 2008; CHIODINI et al., 2013).

As variáveis P, B, Cu, Fe, Mn se encontraram em maiores quantidades nas folhas no solo tratado com substâncias húmicas, o Zn foi o elemento que não apresentou diferença entre a área tratada e o controle, como representado na Tabela 4 onde foi realizado a análise de tecido vegetal.

Os demais elementos se encontraram em menores quantidades, o resultado está coerente a com a afirmação de Malavolta (1980), onde plantas que apresentam maior desenvolvimento vegetativo possuem menores concentrações de nutrientes nas folhas, este fator é chamado de diluição.

Tabela 4. Análise de tecido vegetal na Fazenda São José no dia 14 de março de 2019.

Elemento	unidade	AH	Controle
N	g/dm³	14	17
P		2,3	2,1
K		23	28
Ca		2	4
Mg		2	2,2
S		1,3	1,6
B	mg/dm³	8	7
Cu		11	10
Fe		74	62
Mn		106	94
Zn		31	31

Fonte: Laboratório de Nutrição Mineral de plantas “Profª Drª Leonia Aparecida de Lima” – UNESP-FCA.



Figura 1 – área tratada com ácido húmico (Esquerda), e controle (Direita).

Fonte: Os autores

A partir da Figura 1, nota-se o maior crescimento vegetativo das plantas, e assim a confirmação do efeito de diluição dos nutrientes no tecido vegetal. A coloração das plantas tratadas é mais intensa, aumentando assim o potencial fotossintético e a produção de biomassa.

CONCLUSÃO

A utilização de ácido húmico +fúlvico alterou as características químicas de correção e fertilidade do solo, aumentando os níveis de nutrientes disponíveis para as plantas.

Este composto proporcionou maior crescimento do tecido vegetal em razão da maior disponibilidade de nutrientes, o incremento de massa vegetal.

O aumento do teor de matéria orgânica no solo foi evidente e é um fator fundamental para a reconstrução de solos e restauração da microbiota do solo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em latossolos e adsorção de fosfato **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, p. 1003-1011, 2003.
- BALDOTTO, L.E.B; BALDOTTO, M.A; CANELLAS L.P; SMITH R.E.B E OLIVARES, F. L. Growth promotion of pineapple 'Vitória' by humic acids and Burkholderia spp. during acclimatization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1593-1600, 2010.
- BOT, A.; BENITES, J. **The importance of soil organic matter, Key to drought-resistant soil and sustained food production**. FAO Soils Bulletin, 2005. 80p.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G.A. **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes, UENF, 2005. 309 p.
- CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 233-240, 2004.
- CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2015.
- CHIODINI, B. M.; SILVA, A. G.; NEGREIROS, A. B.; MAGALHÃES, L. B. Matéria orgânica e suas influências na nutrição de plantas. **Cultivando o saber**, v.6 , n.1, p. 181-190, 2013.
- CLAPP, C.E., CHEN, Y., HAYES, M.H.B., CHENG, H.H. Plant growth promoting activity of humic substances. In: SWIFT, R.S., SPARKS, K.M. (Eds.), **Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments, and Waters**. International Humic Science Society, Madison, 2001. 243–255p.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém, PA, 2011b.
- DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 243-252, 2011a.
- FAGEA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília, DF: Embrapa - CNPAF 1989. 425p.
- FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. Production systems - an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.
- FRAGA, C. S. ; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.215-224, 2004.
- LEITE, L. F. C; GALVÃO, S. R. S. Matéria orgânica do solo: funções interações e manejo em solo tropical. IN: ARAÚJO, A.S.F; LEITE, L. F. C; NUNES. L. A. P.L; CARNEIRO. R. F. V. (Ed) **Matéria orgânica e organismos do solo**. Teresina: EDUFIP, 2008. 19p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254 p.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D. MARTINS, C. U.; OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: Mecanismos de tolerâncias, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES revista**, v.24, p 12-30, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

NARD, S. PIZZAGHELLO. D.; MUCULO, A.; VIANELLO, A. Phisiological effect of humic sustance on higher plantes. **Soil biology e biochemistry**. v.34, p.1527- 1536, 2002.

PICCOLO, A. The Supramolecular Structure of Humic Substances: A Novel Understanding of Humus Chemistry and Implications in Soil Science. **Adv. Agron.**, v. 75, p. 57-134, 2002.

PICCOLO, A.; CONTE, P.; SPACCINI, R.; CHIARELLA, M. Effects of some dicarboxylic acids on the association of dissolved humic substances. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 255-259, 2003.

PRADO, M. R. **Nutrição de plantas**. São Paulo, SP: UNESP, 2008. 407p.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; DA SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**,v.7, n.5, p.1-13, 2011.

RICE, J. HUMIN. **Soil Science**, v.166, p. 846-857, 2001.

ROCHA, G.N.; GONÇALVES, J.L.M. & MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.623-639, 2004.

STEVENSON F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. Wiley, New York, 1994, 512 p.

TORRES JUNIOR, A. de M.; AGUIAR, G. A. M. Pecuária de corte no Brasil – potencial e resultados econômicos. In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA - TEC - FÉRTIL, 1., 2013, Ribeirão Preto. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 9-14.

WERSHAW, R.L. Model for humus in soils and sediments. **Environ. Sci. Technol.**, v.27, 9. 814-816,1993.