

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**GÉSSICA FERREIRA DAUDT**

**SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE  
COMO CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO E FONTE  
DE NUTRIENTES NA RÚCULA (*Eruca sativa* Mill.)**

**São Mateus, ES  
Julho de 2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE  
COMO CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO E  
FONTE DE NUTRIENTES NA RÚCULA (*Eruca  
sativa* Mill.)**

**GÉSSICA FERREIRA DAUDT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Alves Fernandes

**São Mateus, ES  
Julho de 2015**

# **SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE COMO CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO E FONTE DE NUTRIENTES NA RÚCULA (*Eruca sativa*)**

**GÉSSICA FERREIRA DAUDT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada: 31/07/2015.

---

Prof. Dr. Fabiano Brunelle Calinam  
Instituto Federal de Venda Nova

---

Prof. Dr. Ivoney Gontijo  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Co-orientador)

---

Prof. Dr. Edilson Romais Schimdt  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Co-orientador)

---

Prof. Dr. Adriano Alves Fernandes  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)

**DEDICO...**

*À Deus o centro da minha vida, à minha mãe Sirene Ferreira Daudt, à minha irmã Bianca Ferreira Daudt e em memória de meu pai Milton Daudt*

## AGRADECIMENTOS

À Deus meu pai misericordioso, por todos os dias estares comigo, me dando força, coragem e sabedoria para enfrentar os obstáculos dessa caminhada, e poder chegar ao final vitoriosa.

Aos pais Sirene Ferreira Daudt, Milton Daudt por todo carinho, atenção, companheirismo e apoio, que foram fundamentais nessa e em outras jornadas da minha vida.

À minha irmã Bianca Ferreira Daudt sempre me apoiando nos meus estudos e dando força para que não desistisse.

Aos meus familiares todos de modo geral pelas palavras amigas, de conforto e pelo carinho e incentivo. .

Aos queridos amigos Humberto Felipe Celante e Luciene Laurett pela amizade e companheirismo durante todo esse estágio da minha vida.

Aos amigos que me ajudaram no início Fabricio Moulin, Amanda Duim e Douglas Viana Gomes.

Ao professor Adriano Alves Fernandes pela amizade, orientação, apoio e compreensão.

Ao Professor Ivoney Gontijo pela co-orientação, auxílio nos trabalhos desenvolvidos e pela prestativa atenção.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical do Centro Universitário Norte do Espírito Santo pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Capes pela concessão de bolsa de estudos.

Aos professores Fábio Ribeiro Pires, Edilson Romais Schimdt, Robson Bonomo, Antelmo Ralph Falqueto, Edney Leandro da Vitória, pelo aprendizado adquirido.

À Veracel Celulose S.A. pelo financiamento da pesquisa e por todo apoio oferecido por meio do Eng. Agrônomo Dr. Helton Maycon Lourenço.

À equipe Executora do projeto, o Eng<sup>o</sup>. Agrônomo Joel Cardoso Filho aos alunos de iniciação científica Eduardo Cezana, Jaqueline Orlandi, Arthur Ziviani e a Andressa.

Aos técnicos de laboratório Hélder, Francisco e na fazenda ao Alex Campanharo, Renan Fink, Cleison Olios e Fabriycio C. Kock pela disposição em ajudar.

Aos demais colegas da pós-graduação que de alguma maneira puderam contribuir no desenvolvimento do projeto;

Aos servidores da UFES pelo auxílio sempre que se fez necessário, em especial aos trabalhadores da Fazenda Experimental.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento desse projeto.

## BIOGRAFIA

Géssica Ferreira Daudt, filha de Milton Daudt e Sirene Ferreira Daudt, nasceu em Alegre – Espírito Santo, em 15 de março de 1991. Tem sua família materna e paterna nascida e residente do município de Alegre, Espírito Santo.

Estudou o ensino fundamental nos colégios CIEC centro de ensino estadual de Celina e E.E.F.M Sirena Rezende Fonseca do distrito de Celina. Coursou o Ensino Médio na Escola Monsenhor Miguel de Sanctis, no município de Guaçuí. No ano de 2008 iniciou no curso de Técnico em Cafeicultura pelo Instituto de Pesquisa e Educação – *campus* de Alegre.

No ano seguinte ingressou na graduação cursando Tecnologia em Cafeicultura pelo Instituto Federal de Pesquisa e Educação – *campus* de Alegre, entre os anos 2009 e 2011. Em meados de 2012 começou a trabalhar na empresa Caparaó Jr. oferecendo assistência técnica a produtores rurais.

Em julho de 2013 ingressou-se no Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical junto ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES da universidade Federal do Espírito Santo – UFES, em São Mateus, ES, onde permaneceu até o presente momento.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1.INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
2.1. Resíduos da indústria de papel e celulose.....	4
2.2 Rúcula ( <i>Eruca Sativa</i> Mill.) .....	6
<b>3.CAPÍTULOS</b> .....	8
<b>3.1 SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE COMO CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO NO CULTIVO DE RÚCULA</b> .....	9
Resumo .....	9
Abstract .....	11
Introdução .....	13
Material e Métodos.....	15
Resultados e Discussão .....	19
Conclusões.....	40
Referências bibliográficas .....	41
<b>3.2 EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES DA RÚCULA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE</b> .....	47
Resumo .....	47
Abstract .....	49
Introdução .....	51
Material e Métodos.....	54
Resultados e Discussão .....	58
Conclusões.....	70
Referências bibliográficas .....	71



<b>3.3 AVALIAÇÕES BIOMETRICAS DA RÚCULA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE .....</b>	<b>76</b>
Resumo .....	76
Abstract .....	78
Introdução .....	80
Material e Métodos .....	83
Resultados e Discussão .....	87
Conclusões.....	95
Referências bibliográficas .....	96
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>101</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>102</b>

## RESUMO GERAL

FERREIRA DAUDT, Géssica; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; julho de 2015; **Uso de subprodutos da indústria de papel e celulose como potenciais corretivos de acidez do solo e fonte nutrientes para produção de rúcula (*Eruca sativa* Mill.)**; Orientador: Adriano Alves Fernandes, Co-orientador: Ivoney Gontijo, Co-orientador: Edilson Romais Schmidt

Mundialmente o Brasil é o quarto maior produtor de celulose. No processamento industrial da celulose, há sobras, que não são incorporadas ao produto final, denominados resíduos. Os resíduos provenientes da indústria de papel e celulose vêm mostrando-se como uma boa opção de fonte de nutrientes e corretivo do solo por apresentar baixo custo e um potencial de melhorias quando incorporados ao solo. O objetivo do trabalho foi avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, exportação de nutrientes e desenvolvimento e crescimento inicial da cultura da rúcula em dois solos com classes texturais distintas, corrigidos com uso de subprodutos alcalinos da indústria de papel e celulose no cultivo da rúcula. O trabalho foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de São Mateus-ES. Os materiais estudados foram os resíduos extraídos da fabricação de papel e celulose: com sete níveis de cinza cálcio magnésio – CCM (Cinza de Biomassa; Dregs & Grits; Lama de Cal e Magnesita) e sete níveis de Humuativo. As doses de CCM e Humuativo foram combinadas segundo o modelo matricial Box Berard aumentada  $3(2^k + 2K + 2K + 1)$  constituindo 13 tratamentos mais um tratamento com calcário dolomítico, disposto em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. O ponto central da matriz (0,0) tido como a dose padrão e

referente a 100% da necessidade de calagem para CCM e 25 t ha<sup>-1</sup> para Humuativo. A aplicação dos subprodutos aumentou os valores de pH, os teores de Ca, Mg, P e V, em ambos os solos avaliados e reduzindo os teores de Al e H+AL. O uso dos subprodutos eleva os teores de Na<sup>+</sup> no solo em até 15 vezes o valor inicial. Os resíduos estudados apresentaram na sua composição Cu e Ni em quantidades tóxicas às plantas, não permitindo abordar o seu uso com segurança em consumo da rúcula. As plantas de rúcula tiveram maior desenvolvimento quando cultivadas no Latossolo amarelo. A matéria fresca e seca da parte das raízes, foram maiores quando cultivadas no Argissolo Amarelo de textura media. Tanto para o Latossolo Amarelo quanto para o Argissolo Amarelo não é recomendável dose abaixo de 1,34 t ha<sup>-1</sup> do produto de CCM.

Termos de indexação: fertilidade, acidez do solo, resíduos.

## ABSTRACT

FERREIRA DAUDT, Géssica; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; julho de 2015; **Waste of paper and cellulose industry as soil acidity corrective and nutrient source in arugula cultivation.**; Advisor: Adriano Alves Fernandes, Co- Advisor: Ivoney Gontijo, Co- Advisor: Edilson Romais Schmidt.

Worldwide, Brazil is the fourth largest producer of cellulose. In the industrial processing of cellulose, there remains, which are not incorporated into the final product, termed waste. The waste from the cellulose and paper industry have shown up as a good nutrient source option and corrective ground by presenting low cost and potential for improvement when incorporated into the soil. The objective of the present work evaluate the changes in soil chemical properties, in two soils with different textural classes, corrected with the use of alkaline by-products of the cellulose and paper industry in the cultivation of arugula. The study was conducted at the experimental farm of the Federal University of Espirito Santo in the city of São Mateus-ES. The studied materials were extracted residues of cellulose and paper: with seven gray levels of calcium magnesium - CCM (Biomass ash; Dregs & Grits; mud Cal and Magnesita) and seven levels of Humuativo. Doses of CCM and Humuativo were combined according to the matrix model Box Berard increased 3 ( $2k + 2K + 2k + 1$ ) constituting 13 treatments over a course of dolomitic limestone, arranged in a completely randomized design (CRD), with three replications. The central point of the matrix (0,0) taken as the standard dose, and referring to 100% of lime requirement for MCC and 25 t ha<sup>-1</sup> for Humuativo. The application of the by-products increased pH, exchangeable Ca, Mg, P and V in both evaluated soils and reducing the contents of Al and H + Al. The use of by-products increases the levels of Na + in soil up to 15 times

the initial value. The waste had studied in their Cu and Ni composition in toxic amounts to plants, preventing their use to address safety in consumption of arugula. The arugula plants had gained momentum when grown in oxisoil. The fresh and dry weight of part of the roots were higher when grown in Ultisol media texture. So much for the Oxisol as to Udult is not recommended dose below 1.34 t ha<sup>-1</sup> CCM product.

Key words: fertility, soil acidity, waste.

## 1.INTRODUÇÃO GERAL

A indústria de papel e celulose, para atender à demanda mundial de papel, vem obtendo incrementos expressivos de produção, isso provoca um aumento da demanda de matéria-prima (ARRUDA *et al.*, 2011), e, conseqüentemente, responsável por uma pela elevação da produção de resíduos sólidos gerados durante o processo de produção, sendo que, para cada tonelada de celulose produzida são gerados 800 kg de resíduos sólidos (GUERRA, 2007; FLORES *et al.*, 1998).

Os resíduos das indústrias florestais são as sobras que ocorrem no processamento mecânico, físico ou químico e que não são incorporadas ao produto final, são esses: a casca, a lama de cal, o lodo ativado e a cinza de caldeira da queima de biomassa (BELLOTE *et al.*, 1998).

Como tratamento para os resíduos sólidos, as indústrias do setor de papel e celulose realizam a compostagem de resíduos orgânicos em usinas apropriadas, a partir da montagem de leiras com cascas de madeira misturadas com lodo ativado da estação de tratamento de efluentes e posterior adição de outros resíduos (BARRETOS, 2008).

A grande quantidade de resíduos industriais disponíveis vem gerando problemas ambientais, que podem ser resolvidos por meio da reutilização na agricultura. Um exemplo é o emprego da escória de siderurgia e óxido de magnésio na agricultura como corretivos de acidez do solo, que surge como uma alternativa ao calcário, tendo em vista a correção da acidez do solo,

possibilitando seu uso como fertilizante e esse aproveitamento, ainda contribui para redução de possíveis impactos ao ambiente pela disposição final de seus componentes (NOGUEIRA *et al.*, 2012; TRIGUEIRO, 2006).

O efeito benéfico das cinzas na fertilização de cobertura, é devido a sua composição química e à lenta solubilização dos macros e micronutrientes, podendo ser grosseiramente comparada a uma fórmula NPK de relação (1:3:7) mais cálcio, magnésio e micronutrientes (NOLASCO *et al.*, 2000).

A complexidade das substâncias antropogênicas e a quantidade de nutrientes aplicados através dos resíduos orgânicos em solos exige constante monitoramento dos ecossistemas agrícolas (BOECHAT *et al.*, 2012).

Na busca de melhores produtos, alternativas inúmeras são sugeridas, uma delas, é a utilização de resíduos provenientes das indústrias de papel e celulose como fonte de nutrientes e correção da acidez do solo.

A Horticultura é um dos segmentos agrícolas que podem se beneficiar do uso dos resíduos oriundos da indústria de papel e celulose, uma vez que a produção é caracterizada pelo uso intensivo de recursos renováveis e não renováveis (BARROS JUNIOR *et al.*, 2011).

Na Horticultura, são observadas mudanças rápidas, em função do cultivo intensivo que as hortaliças imprimem nesse setor, exigindo cada vez mais o aprimoramento de técnicas, para obtenção de produtos de melhor qualidade. (REGHIN *et al.*, 2004)

Dentre as hortaliças folhosas mais consumidas, destaca-se a alface é a mais plantada pela população brasileira, porém, desde o final da década de 90, essa situação vem mudando, a rúcula mesmo com seu sabor picante, vem conquistando seu espaço no mercado (GUERRERO *et al.*, 2011).

O consumo de hortaliça tem se tornado cada vez maior nas últimas décadas, por conta da mudança do hábito alimentar dos consumidores. Os mesmos têm exigido por produtos com melhores qualidades, fazendo assim, com que o agricultor busque alternativas que melhorem o produto sem que haja decréscimos na produção (LINHARES *et al.*, 2009).

No Brasil, a estimativa da área cultivada com rúcula é de 6.000 ha ano<sup>-1</sup>, com 85% da produção nacional concentrada na região Sudeste (FILGUEIRA, 2007), e com uma produtividade muito variável, em função do clima manejo adotado (COSTA *et al.*, 2011).

Nesse sentido, segmentos industriais e de pesquisa tem se unido com intuito de viabilizar o destino final desses resíduos, já que a utilização dos resíduos orgânicos para fins agrícolas deve se basear em princípios metodológicos, tecnológicos, sanitários, agronômicos e socioeconômicos (ZAPPAROLI, 2010).

Os resultados da pesquisa realizada com resíduos da indústria de celulose e papel serão apresentados no capítulo subsequente, na forma de artigos científicos, cujo objetivo principal é a avaliação dos subprodutos da indústria de papel e celulose como potencial corretivo da acidez do solo e como fonte de nutrientes para a cultura da rúcula cultivada em dois solos distintos.



## 2. 2.REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

### 2.1 Resíduos da indústria de papel e celulose

A Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA, 2012) divulgou no relatório estatístico 2011/2012, dados sobre a produção mundial de celulose e papel, o Brasil se encontra como o 10º produtor mundial na produção de papel e 4º produtor mundial de celulose, ficando atrás apenas de estados unidos, Canadá e china.

Responsável por uma pela elevação da produção de resíduos sólidos gerados durante o processo de produção, sendo que, para cada tonelada de celulose produzida são gerados 800 kg de resíduos sólidos (GUERRA, 2007; FLORES *et al.*, 1998).

Entretanto, muitos resíduos industriais gerados podem ser utilizados novamente no processo produtivo, devido às suas características de composição química, granulométrica e das fases presentes (AGUIAR *et al.*, 2012). Os resíduos provenientes da produção da celulose como as cascas, a lama de cal, o lodo ativo e a cinza de caldeira da queima de biomassa, devido às características de seus processos geradores e à composição das matérias-primas utilizadas, apresentam um indicativo de termo potencial para serem utilizados na fertilidade do solo.

Os “*dregs*” que são as escórias, o sedimento. É um material sólido, de cor escura, com odor característico. Durante esse processo de clarificação as impurezas, são separadas por sedimentação, tais como: carbono não queimado,

ferro, sílica, cálcio, alumina, magnésio e sulfetos. O “*dregs*” é lavado e processado em filtro a vácuo, para remover o máximo possível de álcali e água (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002).

Os “*grits*”, que significa grânulo, é o resíduo sólido e granulado de cor amarelada, sem odor e pouco solúvel, resultante do processo de calcinação da lama de cal e do calcário nos fornos de cal. A ação do “*grits*”, que contém 88% de  $\text{CaCO}_3$  e 2% de NaOH, na correção da acidez do solo avaliada pelo aumento do valor do pH e neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  do solo, foi semelhante à do carbonato de cálcio (TEDESCO & ZANOTO, 1978).

Pajara *et al.*, (2003), citado por Aguiar *et al.*, (2012) também reafirmam que os “*dregs*” e “*grits*” são resíduos alcalinos sólidos que apresentam alto valor de neutralização (VN), granulometria desuniforme, altos teores de cálcio e sódio e teores relativamente baixos de magnésio, fósforo, potássio e metais como Pb, Zn, Cu, Ni e Cd.

Portanto, esses resíduos apresentam um grande potencial para ser utilizado como insumo agrícola, tanto pela quantidade produzida quanto pelas suas características químicas, físicas e biológica, podendo constituir-se como corretivos e fonte de nutrientes para as plantas e também como condicionador do solo e com valores de baixo custo ao produtor.

Pesquisas como a de Baretto (2008) mostra resultados positivos quanto ao uso de aplicações de composto de resíduos de indústria de celulose e papel, obteve ganhos em altura aos 60 dias, em diâmetro do coleto e em produção de biomassa das plantas de eucalipto aos 120 dias, houve resultados também na parte química do solo, resultando em aumento no valor de pH e nos teores de Ca e Mg do solo e também elevou os teores de P, K e Na no solo.

Bellote *et al.*, (1995) e companheiros, em seus experimentos afirmam que, o uso de doses mais que 50t/ha de resíduo e cinza aumentam o conteúdo de matéria orgânica, reduz a concentração de Al e aumenta a fertilidade do solo.

Segundo Albuquerque *et al.*, (2011) a adição superficial de “*dregs*” eleva o pH, os teores de Ca, K e Mg, e reduz o teor de Al trocável, principalmente na camada de 0 a 5 cm. No entanto, são observados efeitos prejudiciais como o aumento no teor de Na, da relação Ca/Mg e da dispersão da argila. Trabalhando com milho observou que as alterações nos atributos químicos do solo favorecem o crescimento das raízes e da parte aérea do milho, até uma dose de “*dregs*”

equivalente de 40% a 47% da necessidade de calcário para elevar o pH em água para 6,0. Doses superiores a essas prejudicam o desenvolvimento das plantas.

Para Horta *et al.* (2010), a cinza proveniente da incineração de biomassa florestal pode ser aplicada ao solo sem prejudicar a produção ou as propriedades do solo. Em solos com uma relação Ca/Mg desequilibrada (baixo teor em Mg relativamente ao Ca) aconselha-se a aplicação simultânea de Mg, dado que as cinzas acentuam esse desequilíbrio.

A pesar de haver muitas pesquisas em torno dos resíduos provenientes das indústrias de papel e celulose, um limitante para seu uso em questão é a presença de metais pesados que podem provocar contaminações ao meio ambiente, as plantas e até mesmo ao homem (OLIVEIRA & MATTIAZZO, 2001).

## 2.2 Rúcula (*Eruca Sativa L.*)

Pertence à família Brassicácea, a mesma do nabo, brócolis, agrião e mostarda. A rúcula (*Eruca sativa L.*) é uma hortaliça herbácea anual, de porte baixo, possuindo uma altura entre 15 a 20 cm. Suas sementes são de tamanho muito pequenas, podendo chegar em uma grama cerca de 650 sementes. Originária da Região Mediterrânea e Europa, presente desde a antiguidade cultivada por vários povos, também é conhecida em muitas partes como mostarda, muito popular nas regiões de colonização italiana no Brasil. Trata-se de uma folhosa com crescente incremento de consumo nos últimos anos, com quantidade mensal de 16.029 dúzias de maços de 6 kg comercializados no CEAGESP, entre 1995 – 1999 (CAMARGO FILHO & MAZZEI, 2001).

Ultimamente a rúcula vem se destacando e ganhando uma importância em todo território nacional, com a sua utilização na maioria das saladas, confecção de pizzas, sanduíches e em outros vários, pelo seu sabor picante ou dependendo suave e cheiro acentuado ao mesmo tempo agradável. Além de ser rica em sais minerais e vitaminas, com isso, incluir diariamente pelo menos uma hortaliça em seu cardápio e indispensável.

O crescimento na quantidade comercializada e a sua valorização na cotação são indicadores de que a rúcula é rentável (PURQUERIO *et al.*, 2007).

Por esses motivos, é cultivada em quase todas as regiões do Brasil. Hoje no mercado brasileiro se destaca três cultivares, dentre as diversas produzidas no Brasil, sendo elas: a Cultivee, Rococó e Myway.

Possuindo um ciclo curto, são necessários bons conhecimentos sobre a nutrição e o comportamento, durante todo crescimento e desenvolvimento, para que os nutrientes sejam disponibilizados de forma prontamente assimilável, a fim de atingir máxima capacidade produtiva. Uma forma de auxiliar no programa de adubação e o conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados na planta, em cada estágio de desenvolvimento (GRANGEIRO *et al.*, 2011).

É sabido que o adequado suprimento de nutrientes desde o estágio de plântula até a colheita, favorece o sucesso da produção de qualquer hortaliça. Se tratando de rúcula, qualquer desequilíbrio nutricional pode ser irreversível devido ao curto período de crescimento (CECÍLIO FILHO *et al.*, 2014).

Com o aumento da rúcula nas últimas décadas, por conta da mudança do hábito alimentar dos consumidores. Os mesmos têm exigindo por produtos com melhores qualidades segundo Linhares *et al.* (2009).

Além disso, tem apresentado ao produtor preços bem atrativos, nos últimos anos têm sido mais elevados do que os de outras hortaliças dentre as folhosas como a alface, chicória, almeirão e couve (LINHARES *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2008).

### **3.1.CAPÍTULOS**

### **3.1. SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE COMO CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO NO CULTIVO DE RÚCULA**

#### **Resumo**

Os resíduos provenientes da indústria de papel e celulose vêm mostrando-se como uma boa opção de fonte de nutrientes e corretivo do solo por apresentar baixo custo e um potencial de melhorias quando incorporados ao solo. Objetivou-se no presente trabalho avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, em dois solos com classes texturais distintas, corrigidos com uso de subprodutos alcalinos da indústria de papel e celulose no cultivo da rúcula. O trabalho foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de São Mateus-ES. Os materiais estudados foram os resíduos extraídos da fabricação de papel e celulose: com sete níveis de cinza cálcio magnésio – CCM (Cinza de Biomassa; Dregs & Grits; Lama de Cal e Magnesita) e sete níveis de Humuativo. As doses de CCM e Humuativo foram combinadas segundo o modelo matricial Box Berard aumentada 3 ( $2^k + 2K + 2K + 1$ ) constituindo 13 tratamentos mais um tratamento com calcário dolomítico, disposto em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. O ponto central da matriz (0,0) tido como a dose padrão e referente a 100% da necessidade de calagem para CCM e 25 t ha<sup>-1</sup> para Humuativo. A aplicação dos subprodutos aumentou os valores de pH, os teores de Ca, Mg, P e V, em ambos os solos avaliados e reduzindo os teores de Al e H+AL. O uso dos subprodutos eleva os teores de Na<sup>+</sup> no solo em até 15 vezes o valor inicial. Conclui-se que a

adição dos subprodutos da indústria de celulose tem o potencial a ser usado como corretivo da acidez do solo e como fonte de Ca e Mg.

Palavras-chave: fertilidade, Latossolo, Argissolo

## **WASTE FROM PAPER AND CELLULOSE INDUSTRY AS CORRECTIVE OF SOIL ACIDITY ARUGULA CULTURE**

### **ABSTRACT**

The waste from the cellulose and paper industry have shown up as a good nutrient source option and corrective ground by presenting a low cost and potential for improvement when incorporated into the soil. This being one of the best alternatives for the treatment and disposal of such waste. The objective of this study was to determine, in the cultivation of arugula, the effect of cellulose waste as a potential source of corrective and providing nutrients such as Ca and Mg. The study was conducted in the university center of Northern Espirito Santo in the city of St. Matthew. The studied materials were extracted waste from the cellulose and paper: with seven gray levels of calcium magnesium - CCM (Biomass ash; Dregs & Grits; mud Cal and Magnesita) and seven levels of Humuativo. Doses of CCM and Humoativo were combined according to the matrix model Box Berard increased 3 ( $2k + 2K + 2k + 1$ ) constituting 13 treatments over a course of dolomitic limestone, arranged in a completely randomized design (CRD), with three replications. The central point of the matrix (0,0) taken as the standard dose, and referring to 100% of lime requirement for MCC and 25 t ha<sup>-1</sup> for Humuativo. The application of the by-products increased pH, exchangeable Ca, Mg, P and V in both evaluated soils and reducing the contents of Al and H +



Al. The use of by-products increase the contents of Na + in soil up to 15 times the initial value. It is concluded that the addition of the by-products of cellulose industry has the potential to be used as corrective soil acidity and as a source of Ca and Mg.

Keywords: fertility, Oxisol, Ultisol.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, a hortaliça mais plantada e consumida é alface, mas desde o final da década de 90 a rúcula vem conquistando mercado (ALVES & SÁ, 2010).

A rúcula é uma hortaliça folhosa muito consumida na forma de salada. Caracteriza-se por apresentar folhas com pungência discreta, dependendo da variedade e do ambiente. Vem apresentando acentuado crescimento, tanto no seu cultivo como no consumo, comparado com outras folhosas (GRANGEIRO *et al.*, 2011). É uma das hortaliças mais nutritivas, contendo minerais como potássio, ferro e enxofre além de vitaminas A e C (PORTO *et al.*, 2013).

Uma de suas características e seu período de cultivo relativamente curto, aumentando a demanda de nutriente em um curto período de tempo em relação a outras culturas. Assim, para quem deseja uma atividade rápida está e uma boa opção.

Os solos brasileiros muitas vezes pobres quimicamente e ácidos, torna-se um limitante no desenvolvimento das plantas. Fazendo com que o produtor use do emprego de insumos como, corretivos para acidez do solo e fontes de nutrientes para as plantas, para que assim, completem seu ciclo e atinjam uma máxima produtividade. Segundo Steiner *et al.* (2011) a adubação e o manejo são ferramentas de grande importância para o sucesso da cultura.

O alto preço de fertilizantes industriais contribui com a busca por fontes alternativas de insumos, favorecendo o mercado de adubos orgânicos (FIGUEIREDO & TANAMATI, 2010). Com isso, os estudos de técnicas que realizam as transformações para utilização desses resíduos, tornam-se imprescindíveis para reduzir os impactos ambientais e bem como para redução dos custos de produção.

A grande expansão das indústrias e do mercado consumidor, tem provocado nas últimas décadas, a geração de elevadas quantidades de resíduos, os quais têm constituído constante preocupação econômica e ambiental (ARRUDA *et al.*, 2011).

Os resíduos provenientes da produção de celulose têm se

mostrando uma boa opção, por apresentar um baixo custo e uma potencialidade de melhoria quando incorporados ao solo.

Apenas parte dos reagentes envolvidos nos processos de modificação da madeira em celulose são recuperados pelas indústrias, gerando assim, diversos resíduos segundo Albuquerque *et al.* (2012).

Os resíduos oriundos do processo da fabricação da celulose, são a Cinza de Biomassa, Lama de Cal, “*dregs*” e “*grits*”. Esses materiais têm o potencial para neutralizar a acidez do solo em áreas agrícolas e suprir nutrientes às plantas segundo estudos desenvolvidos por Arruda. (2010) na cultura do eucalipto.

Com essas características, torna-se uma boa opção para plantios de espécies florestais, uma vez que, a maioria dos solos são de baixa aptidão agrícola, uma topografia inadequada para cultivos motomecanizados e pela baixa fertilidade natural. Assim, ao mesmo tempo em que contribui para a melhoria da fertilidade do solo e a reposição de nutrientes exportados com a colheita da biomassa florestal, ajuda na sustentabilidade dos ecossistemas florestais (MAEDA *et al.*, 2013).

Bellote *et al.* (1998), trabalhando com a combinação de cinza de Caldera e adubos minerais, obtiveram ganhos expressivos em volume de madeira, em plantios florestais, praticamente dobrando a produtividade, devido à melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

No entanto, para o uso adequado e seguro desses resíduos, torna-se necessário conhecer seus efeitos nos atributos químicos do solo.

Diante do exposto, objetivou-se no presente trabalho, avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, em dois solos com classes texturais distintas, corrigidos com uso de subprodutos alcalino da indústria de papel e celulose no cultivo da rúcula rococó (*Eruca sativa*).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus CEUNES, município de São Mateus, região Norte de Espírito Santo. O local situa-se a uma altitude aproximada de 39 m, com coordenadas geográficas latitude 18° 43' S, longitude 39° 51' S W. O clima predominante na região segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw (clima tropical semi-umido), com temperatura média anual de 24 °C, variando entre 21°C e 32°C no verão, e 17°C e 28° no inverno, com precipitação anual média de 1.432,8 mm.

Foram utilizadas amostras superficiais (0-20 cm) de dois solos com classes texturais distintas, um Argissolo Amarelo distrófico de textura média (PA) e de um Latossolo Amarelo distrófico de textura argilosa (LA), coletados na região norte do Estado do Espírito Santo. Os solos foram secos ao ar, destorroados e passados em peneira com malha de 2 mm, para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), em seguida foi realizada a caracterização química e física dos solos (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1. Caracterização química das amostras do Argissolo Amarelo de textura média (PA), do Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA).

	pH	P	K	Na	MOS	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	V
		---mg	dm <sup>-3</sup> ---		dag kg <sup>-1</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						----%----
<b>PA</b>	4,7	1,2	16,0	7,0	2,1	0,4	0,2	1,0	5,8	0,7	1,7	6,5	10,3	60,0
<b>LA</b>	4,6	0,4	13,5	5,0	0,9	0,2	0,3	1,3	5,2	0,6	1,9	5,8	10,9	66,2

MOS – Matéria orgânica do solo; H+Al – acidez potencial; t – CTC efetiva; T – CTC potencial; V – Saturação por bases; m – saturação por alumínio.

TABELA 2. Caracterização física das amostras do Argissolo Amarelo de textura média (PA), do Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA).

	AG	AF	Silte	Argila	DS	DP	VTP
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				-----g cm <sup>-3</sup> -----		---%---
<b>PA</b>	753	131	10	106	1,44	2,54	41,3
<b>LA</b>	370	115	19	496	1,07	2,54	55,2

AG- Areia Grossa; AF – Areia Fina; Ds – Densidade do solo; Dp – Densidade de partículas; VTP – Volume Total de Poros.

O solo coletado foi passado em peneiras de 2 mm, acondicionados em sacos plásticos onde realizou-se a aplicação do corretivo conforme as doses estabelecidas diante da necessidade de calagem, obtida pelo método da

saturação por bases (PREZOTTI *et al.*, 2007).

Em seguida adicionou-se água deionizada às amostras de solo até atingir 60% do Volume Total de Poros (VTP), segundo Freire *et al.*, (1980). Após a homogeneização os solos ficaram incubados pelo período de 30 dias, para promover a reação do material corretivo. Os sacos plásticos ficaram fechados a maior parte do tempo para evitar perda de umidade, abertos diariamente somente para liberação do CO<sub>2</sub>.

Após o período de incubação, os solos foram novamente destorroados, peneirados e acondicionados em vasos com capacidade de 5 dm<sup>3</sup>, recebendo em todas as parcelas experimentais 150 mg kg<sup>-1</sup> de K; 100 mg kg<sup>-1</sup> de N; 40 mg kg<sup>-1</sup> S; 0,81 mg kg<sup>-1</sup> de B; 1,33 mg kg<sup>-1</sup> Cu; 1,55 mg kg<sup>-1</sup> Fe; 3,66 mg kg<sup>-1</sup> Mn; 0,15 mg kg<sup>-1</sup> Mo e 4,0 mg kg<sup>-1</sup> Zn nas formas de sais solúveis (reagentes P.A.), conforme Oliveira *et al.* (1991), com exceção o N que foi na forma de ureia, com duas aplicações, uma no transplante e outra aos 15 dias. O Argissolo Amarelo distrófico textura média recebeu 75 mg kg<sup>-1</sup> de P e o Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa recebeu o 150 mg kg<sup>-1</sup> de P, devido ao poder tampão de P diferenciado nos dois solos em questão.

Os materiais utilizados como corretivos da acidez do solo foram os resíduos extraídos da indústria de celulose e papel com sete níveis de cinza cálcio magnésio – CCM (Cinza de Biomassa; Dregs & Grits; Lama de Cal e Magnesita) e sete níveis de Humuativo, com caracterização física e química apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização físico e química do CCM e Humuativo adicionados aos solos.

Produto	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PN	ER	PRNT
	----- dag kg <sup>-1</sup> -----					----- % -----		
CCM	22,20	14,11	0,68	1,92	0,001	80,5	71,84	55,8
Humuativo	0,61	1,43	0,42	1,94	0,06	--	--	--

CCM – Cinza Cálcio Magnésio; PN – Poder neutralizante; ER – Eficiência relativa; PRNT – Poder Relativo de Neutralização Total.

Os níveis de CCM foram calculados com base na necessidade de calagem para correção da acidez do solo e para atender a demanda da cultura por Ca e Mg de acordo com Prezotti *et al.*, (2007), sendo está definida como o

nível recomendado. As doses de CCM e Humoativo foram combinadas segundo o modelo matricial Box Berard aumentada 3 ( $2^k+2K+2K+1$ ) modificado por Leite (1984), constituindo 13 tratamentos (Tabela 4) mais um tratamento com calcário dolomítico, disposto em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. O ponto central da matriz (0,0) tido como a dose padrão e referente a 100% da necessidade de calagem para CCM e  $25 \text{ t ha}^{-1}$  para Humoativo.

TABELA 4. Tratamentos codificados e as doses reais da matriz experimental Box-Berard aumentada 3 para os tratamentos.

Tratamento	CCM codificado	NC (%)	Humoativo codificado	HUM (%)	CCM Humoativo ----- t ha <sup>-1</sup> -----		
					PA	LA	PA/LA
1	*	*	*	*	*	*	*
2	0	100	0	100	6,71	5,93	25
3	-1	0	-1	0	0	0	0
4	-1	0	1	200	0	0	50
5	1	200	-1	0	13,42	11,86	0
6	1	200	1	200	13,42	11,86	50
7	-1,5	50	0	100	3,36	2,97	25
8	1,5	250	0	100	16,78	14,83	25
9	0	100	-1,5	50	6,71	5,93	12,5
10	0	100	1,5	250	6,71	5,93	62,5
11	-1,8	20	-1	0	1,34	1,19	0
12	-1	0	-1,8	20	0	0	5
13	1,8	280	1	200	18,79	16,6	50
14	1	200	1,8	280	13,42	11,86	70

\*Tratamento com calcário dolomítico ( $3,5 \text{ t ha}^{-1}$  LA e  $4,04 \text{ t ha}^{-1}$  PA). CCM - Cinza Cálcio Magnésio; PA - Argissolo Amarelo distrófico textura média; LA - Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa.

As mudas de rúcula da cultivar Rococó (*Eruca Sativa*) foram produzidas em bandejas de poliestireno de 128 células contendo substrato da marca BIOPLANT. Com 25 dias após a semeadura, com a formação de quatro folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de  $5 \text{ dm}^3$ , contendo duas mudas por vaso.

A irrigação foi realizada diariamente com água deionizada, mantendo-se a umidade constante para todos os vasos por meio de pesagens. A adubação de cobertura foi realizada aos 15 dias após o transplante. Após 30 dias de cultivo nos vasos foram coletadas subamostras dos solos e encaminhadas para análise química (EMBRAPA, 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância entre as combinações de doses do CCM X Humoativo com o Programa computacional de estatística –

Software Action (EQUIPE ESTATCAMP, 2014), posteriormente utilizando-se o programa estatístico Sisvar versão 5.0 (FERREIRA, 2008) e apresentado o teste de média. Em seguida fez-se a complementação das análises, para verificar interação e as representações gráficas tridimensionais com ajuste do programa gráfico estático SgmaPlot (SIGMAPLOT, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios dos atributos avaliados nos solos Latossolo Amarelo (LA) e Argissolo Amarelo (PA) após o cultivo da rúcula.

Com a aplicação dos subprodutos da indústria de papel e celulose, houve aumento do pH do solo no Latossolo Amarelo, diminuindo a concentração da atividade do  $H^+$  na solução do solo e aumentando a capacidade de troca de cátions. Em estudos realizados por Horta *et al.* (2010), observaram que o pH do solo não foi afetado significativamente pela aplicação de cinzas, mas teve alterações dos valores com a aplicação. Balbinot *et al.* (2010) também encontraram aumento do pH do solo em decorrência da aplicação do resíduo de reciclagem de papel e calcário, que também, elevou o pH acima de 5,5.

Com as combinações das doses CCM X Humoativo considerando o atributo pH, observou-se redução da acidez do solo decorrente do aumento das doses. O pH apresentou maior valores nos tratamentos T5, T6, T8, T9, T13. Esses valores estão fora da faixa considerada adequada para a maioria das culturas agrícolas que condiz a 5,5 – 6,0, segundo Novais *et al.* (2007).

Os menores valores de pH foram encontrados nos tratamentos T3, T7, T11 e T12. Esses valores variaram entre 5,1 a 5,3 (Tabela 5). A neutralização da acidez do solo só foi efetiva quando utilizado doses acima de 50% da NC dos subprodutos. Como encontrado nos tratamentos com doses acima de 100% da NC do CCM.

Nos tratamentos T1, T2 e T10, o pH variou de 5,9 a 6,0, com a dose de 5,93 t ha<sup>-1</sup> correspondente a 100% da NC (Tabela 5). No tratamento T4, observou-se também valor de pH dentro da faixa considerada adequada, no entanto, esse tratamento não recebeu corretivo, fato considerado uma variação experimental. Os tratamentos T1 e T2 foram considerados controles, com aplicação da combinação recomendada dos produtos avaliados e uso do calcário, respectivamente. Desse modo, observa-se que o tratamento T10 proporcionou uma elevação adequada do pH do solo e, portanto, o uso de CCM tem efeito positivo na correção da acidez do solo.

O pH do solo influencia, de forma indireta, o desenvolvimento das culturas,



evidenciado por meio das mudanças que provoca na solubilidade dos elementos essenciais e tóxicos existentes no solo, alterando a disponibilidades dos mesmos (VITTI, 1987 apud CHAVES *et al.*, 2006).

No Latossolo Amarelo com o uso dos subprodutos, observou também aumentos na disponibilidade dos atributos P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> e saturação por bases (V) e redução dos teores de Al<sup>3+</sup>, acidez potencial (H+Al) e saturação de alumínio (m), em relação à análise inicial (Tabela 1). Balbinot *et al.* (2014), usando resíduo de reciclagem de papel obteve resultados positivos para correção da acidez e aumento dos teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> em um Cambissolo Háplico muito ácido, bem como incremento dos teores de P até doses de, aproximadamente, 300 Mg ha<sup>-1</sup> de resíduo úmido.

Para o Argissolo Amarelo distrófico, observa-se que os valores dos atributos estudados tiveram uma alteração em menor escala, fato esse que pode estar envolvido com um maior poder tampão deste solo, apesar de seu menor teor de argila ou um maior desenvolvimento da planta nesse solo e conseqüente maior mobilização de nutrientes. O maior poder tampão do PA pode estar relacionado ao seu maior teor de MO (Tabela 6). Assim, nota-se que poucos foram os tratamentos em que os valores passaram a faixa adequada para a disponibilidade dos nutrientes (Tabela 5).

Nos T1, T5 e T6, o pH variou de 5,8 a 5,9 com a dose de 6,71 t ha<sup>-1</sup> e 13,42 t há<sup>-1</sup> correspondente a 100% e 200% da NC, respectivamente (Tabela 5). Os tratamentos T1 e T2 foram considerados controles, com aplicação da combinação recomendada dos produtos avaliados e uso do calcário, respectivamente. Desse modo, observou que o tratamento T6 proporcionou uma elevação adequada do pH do solo e, portanto, o uso de CCM tem efeito positivo na correção da acidez do solo.

A maior eficiência do dregs em corrigir a acidez em profundidade pôde ser constatada 39 meses após a avaliação de Medeiros *et al.* (2009), o que ocorre em função do dregs possuir CaOH, MgOH e Na<sub>2</sub>OH em sua composição, os quais liberam OH na reação da dissociação, que por sua vez, possui maior solubilidade que o HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> liberado na reação do calcário (CORRÊA *et al.*, 2007). A maioria das partículas de dregs estão abaixo de 0,075 mm, apresentando ação mais rápida que o calcário (TEIXEIRA, 2003). Entretanto, os resultados mostraram que o dregs tem efeito residual semelhante ao calcário.

O pH apresentou maiores valores nos tratamentos T8, T13 e T14. Esses valores estão fora da faixa considerada adequada para a maioria das culturas agrícolas que condiz a 5,5 – 6,0, segundo Novais *et al.* (2007).

As doses 13,42 t ha<sup>-1</sup> (200%) de CCM e 0% de Humuativo elevaram a maioria dos atributos para próximo da faixa adequada, no solo PA. Comparando com tratamento T2, tratamento que utilizou calcário dolomítico, observou que a utilização dos subprodutos foi melhor na correção da acidez do solo que com aplicação do calcário, para o Argissolo Amarelo.

Com o aumento da dose aplicada, o dregs diminuiu o teor de Al<sup>3+</sup> trocável até a profundidade de 20 cm e o calcário até 15 cm, sendo que as maiores doses de ambos os corretivos reduziram os teores abaixo de 1,0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> até 7,5 cm de profundidade. O mesmo comportamento foi observado para a acidez potencial (H+Al), diminuindo linearmente até 15 cm com o aumento da dose de dregs e até 10 cm com o calcário (PÉRTILE, 2011). No mesmo experimento, Medeiros *et al.* (2009) encontrou redução linear do H+Al apenas na camada superficial do solo para ambos os corretivos, após três meses da segunda aplicação em superfície. No trabalho de Albuquerque *et al.* (2002), com aplicação superficial de dregs na dose correspondente a 1/4 SMP, o teor de Al<sup>3+</sup> trocável diminuiu para aproximadamente zero cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de 0 a 5 cm após dois meses.

Observando as médias gerais, o valor de pH no Latossolo Amarelo de textura argilosa apresentou-se estatisticamente superiores ao Argissolo Amarelo de textura media no PA (Tabela 6), apesar das doses de corretivos serem ligeiramente inferiores neste solo. Este fato demonstra o menor poder tampão do LA apesar de apresentar maior teor de argila, contudo este solo apresenta menor teor de matéria orgânica (Tabela 1 e 6). Esse comportamento também pode estar relacionado à maior produção da rúcula no PA, fato este que proporcionou maior extração de nutrientes e conseqüentemente maior acidificação do solo.

TABELA 5. Valores médios de pH, Ca, Mg, Al, Acidez potencial (H+Al), P, K, Na, saturação por Alumínio (m) e saturação em bases (V) da rúcula no solo Latossolo Amarelo – PA e no Argissolo Amarelo – LA corrigidos com subprodutos da produção de celulose

Solo Latossolo Amarelo – LA												
TRAT.	CCM	HUM	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	M	V
			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----%----		
1	5,93	25	6,0	3,1	0,6	0,0	2,2	120,0	62,7	95,0	0,0	66,2
2	*	*	6,0	2,8	0,8	0	2,0	94,6	24,7	41,7	0,0	76,7
3	0	0	5,3	2,3	0,5	0,1	2,3	129,1	189,0	150,3	1,3	71,2
4	0	50	5,9	3,1	0,5	0,1	0,3	112,6	95,7	160,3	2,4	70,8
5	11,86	0	7,2	4,4	0,8	0,0	1,2	114,9	52,3	135,0	0,0	96,1
6	11,86	50	6,4	3,9	0,7	0,1	2,1	100,0	99,7	91,3	1,8	83,3
7	2,97	25	5,3	2,3	0,5	0,4	0,6	100,0	43,7	54,7	9,6	69,5
8	14,83	25	6,9	3,4	0,7	0,0	0,4	95,6	30,3	86,0	0,0	89,1
9	5,93	12,5	7,1	3,1	0,7	0,0	1,3	105,7	20,7	115,3	0,0	90,8
10	5,93	62,5	5,9	2,8	0,7	0,0	2,3	109,7	24,3	60,7	0,0	76,8
11	1,19	0	5,2	1,8	0,4	0,1	1,9	105,0	221,3	79,3	3,5	58,0
12	0	5	5,1	1,9	0,4	0,1	0,0	118,1	224,7	119,7	3,0	71,0
13	16,6	5	7,5	3,7	0,7	0,0	0,0	106,7	30,0	91,0	0,0	100,0
14	11,86	70	7,3	4,5	0,8	0,0	1,2	129,0	21,3	46,3	0,0	100,0
Solo Argissolo Amarelo – PA												
1	6,71	25	5,9	1,4	0,5	0,0	2,8	43,2	16,7	69,7	0,0	43,9
2	*	*	5,2	1,3	0,4	0,2	2,6	30,6	14,0	35,0	0,0	45,7
3	0	0	5,0	0,4	0,2	0,1	4,1	36,0	68,3	26,3	8,2	20,4
4	0	50	5,4	1,1	0,5	0,4	1,9	59,3	24,3	47,7	5,1	59,2
5	13,42	0	5,8	1,5	0,8	0,1	3,1	57,7	21,7	93,7	22,9	50,3
6	13,42	50	5,9	1,4	0,7	0,1	3,4	47,2	14,3	95,3	7,8	44,0
7	3,36	25	5,5	1,2	0,6	0,2	3,3	47,9	13,3	76,3	5,2	45,3
8	16,78	25	6,5	1,6	1,0	0,0	2,4	36,4	9,7	116,0	9,2	62,7
9	6,71	12,5	5,4	1,0	0,7	0,1	3,7	38,6	9,7	87,0	0,0	38,2
10	6,71	62,5	5,3	1,3	0,5	0,1	3,1	41,5	17,3	87,0	6,3	45,0
11	1,34	0	5,0	1,0	0,2	0,4	3,6	39,3	26,7	36,0	5,7	35,9
12	0	5	5,3	0,6	0,1	0,3	3,2	38,8	49,0	38,3	23,1	31,1
13	18,79	5	6,4	2,6	0,7	0,0	1,1	50,2	10,7	155,3	22,5	78,4
14	13,42	70	6,4	2,6	0,6	0,0	1,4	40,7	13,0	141,7	0,0	72,8

\*Tratamento com calcário dolomítico t ha<sup>-1</sup>

Em ambos os solos ocorreu incrementos positivos dos subprodutos nos valores do pH e, conseqüentemente, a saturação por bases também aumentou, independentemente da dose utilizada. Efeitos positivos da utilização de calcários e de escória, na neutralização da acidez do solo, foram também observados

Prado *et al.* (2002).

Tabela 6- Comportamentos dos valores médios dos atributos nos solos LA e PA.

	pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	CTC	M.O	V
		----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					dag dm <sup>-3</sup>	%
<b>LA</b>	6,21a	110,0a	82,70a	94,76a	3,07a	0,63a	0,05b	1,27b	5,70a	0,61b	79,96a
<b>PA</b>	5,69b	43,3b	22,04b	78,95b	1,35b	0,52b	0,14a	2,38a	5,11b	1,75a	48,06b

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

Segundo Sousa *et al.* (2007), a redução da acidez do solo promove a insolubilização de alumínio e manganês, aumenta a disponibilidade de fósforo e molibdênio e diminui a disponibilidade de micronutrientes, como o zinco, manganês, cobre e ferro. A decomposição da matéria orgânica também é influenciada pela redução da acidez do solo, sendo sua mineralização favorecida pela elevação do pH do solo. Afirmação essa que corrobora com resultado obtido nesse trabalho, onde o teor de matéria orgânica do solo, em relação ao valor inicial, reduziu após a correção com os corretivos (Tabela 3 e 6).

Os valores médios de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> obtidos em LA foram maiores em relação aos do solo PA (Tabela 6). Isto ocorre devido aos solos mais argilosos apresentarem maior superfície específica o que significa maior capacidade de adsorção de cátions trocáveis (GHEYI *et al.*, 1997). Devido a presença da argila em maior quantidade em LA, o que contribui para o aumento da disponibilidade de cátions trocáveis. Arruda (2010), avaliando o efeito da aplicação de uma mistura de resíduos da indústria de celulose sobre alguns atributos químicos do solo e como fonte de Ca<sup>2+</sup> para eucalipto, mostrou-se eficiente na elevação desses teores, onde os resíduos podem ser utilizados como fonte de Ca<sup>2+</sup>. Medeiros *et al.* (2009) verificaram aumento do teor de mg<sup>2+</sup> no solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade com aplicação isolada de Dregs, mostrando que há contribuição dos resíduos para o aumento desse nutriente no solo.

Não houve interação para a combinação das doses de CCM X Humoativo no fator pH no solo LA. Contudo, avaliando individualmente as doses de CCM e Humuativo, respostas significativas foram encontradas para doses de CCM

segundo o modelo quadrático da regressão (Figura 1a). Entretanto, para no Argissolo (PA) houve interação entre as doses de CCM X Humoativo para o pH (Figura 1 b).

Valores significativos também foram encontrados por Baldotto *et al.* (2007), trabalhando com pó de mármore, observaram aumento na elevação do pH e dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e de  $\text{Mg}^{2+}$  no solo e a neutralização do  $\text{Al}^{3+}$ , bem como o acúmulo de nutrientes e de MS durante o crescimento inicial de milho. Concluindo assim, que o pó de mármore pode ser usado como corretivo da acidez do solo e como fonte de tais nutrientes para as plantas.

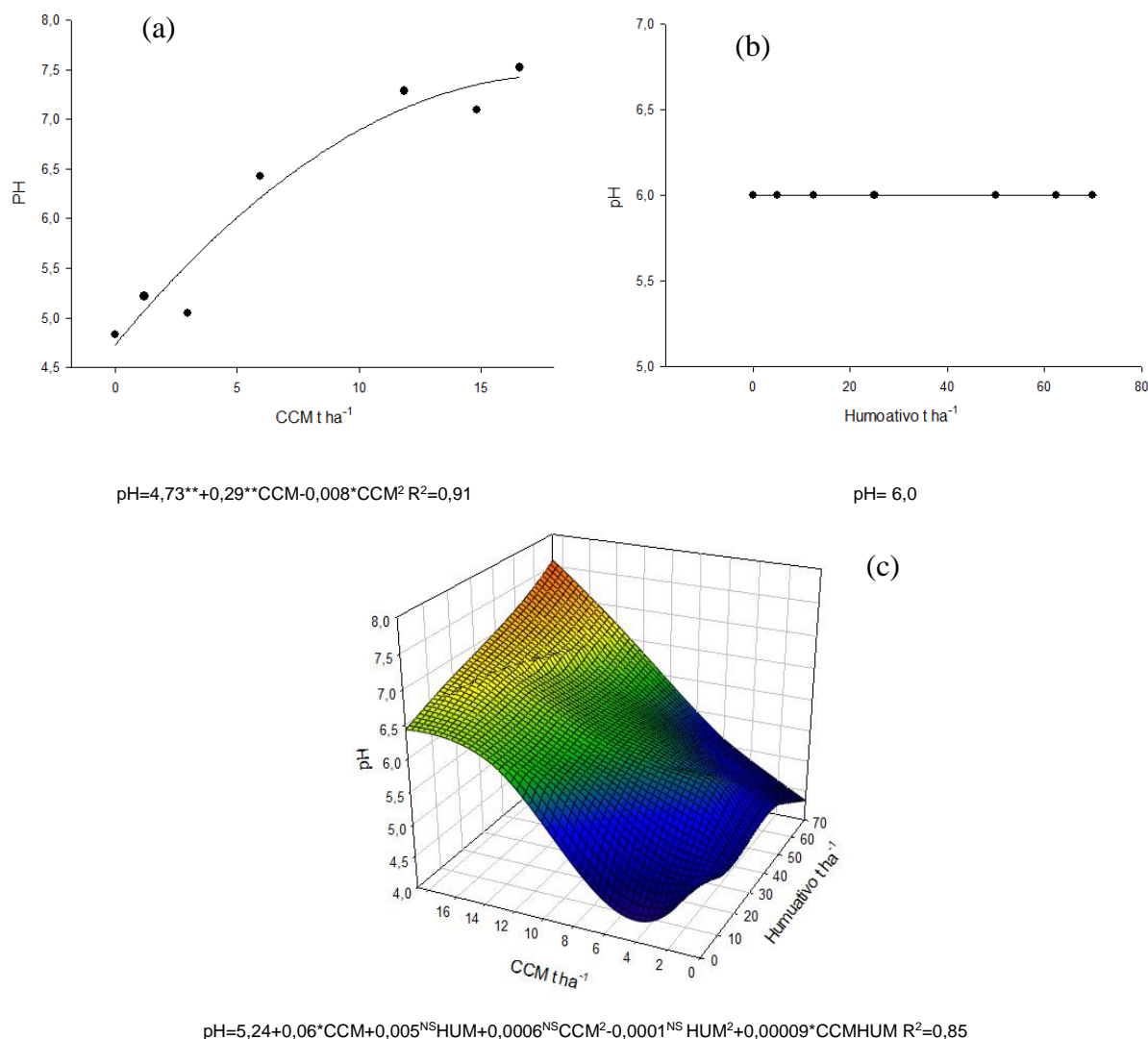


Figura 1- Comportamento dos valores médios de pH em função das doses de CCM (a) e do Humoativo (b) no solo LA e efeitos da interação das doses de CCM X Humoativo (c) sobre pH no PA.

Onde o uso da dose recomendável, na camada de 0 a 20 cm, foi mais de 4 t ha<sup>-1</sup> de pó-de-mármore. Doses que corroboram com as encontradas nesse trabalho.

Ao final do experimento, observou valores iguais para o pH no LA, quando aplicado 100% da NC para os dois corretivos (subprodutos e calcário dolomítico) e valor superior do pH no PA quando utilizado os subprodutos (CCM e Humoativo), o que aponta efeitos positivos da aplicação dos corretivos utilizados, fato que corrobora a possibilidade de utilização dos resíduos como corretivo da acidez do solo nesse tipo de solo. (TABELA 5).

Quando analisado o teor de Mg<sup>2+</sup> disponível no solo, podemos observar que não houve interação do CCM X Humoativo nos dois solos. Entretanto, quando avaliados individualmente verificou significância das doses de CCM nos solos LA e PA, onde esses, respectivamente, ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 2ab). Em ambas as ocasiões, tanto no solo LA quanto no solo PA a adição de CCM promoveu um incremento na disponibilidade do Mg<sup>2+</sup> no solo.

Esse resultado demonstra o potencial da CCM em elevar o teor de nutriente no solo, assim como demonstra a ausência de influência do Humoativo sobre este atributo

Na dose 11,15 t ha<sup>-1</sup>, obteve o máximo teor de Mg<sup>2+</sup> trocável no solo LA que foi de 0,73 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 2a), enquanto no solo PA a dose que mais elevou o teor de Mg<sup>2+</sup> no solo foi de 13,41 t ha<sup>-1</sup> chegando a 0,85 mg dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>2+</sup> disponível no solo (Figura 2b). Ambos valores de Mg<sup>2+</sup> no solo estão dentro da faixa boa determinada por Prezotti *et al.*, 2007, para desenvolvimento da planta, estando esses valores entre 0,5 a 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Esse comportamento pode ser explicado, pelo fato do Mg<sup>2+</sup> se absorvido exclusivamente da solução do solo, para essa solução ser balanceada novamente retira o Mg<sup>2+</sup> que estar presente na fração trocável. Por isso, solos com iguais quantidades de Mg<sup>2+</sup> trocável, a concentração na solução será usualmente maior em solos arenosos que em solos com alto conteúdo de argila, pois, os solos com grande conteúdo de argila têm maior capacidade adsorvente que os solos arenosos com menor quantidades de argila.

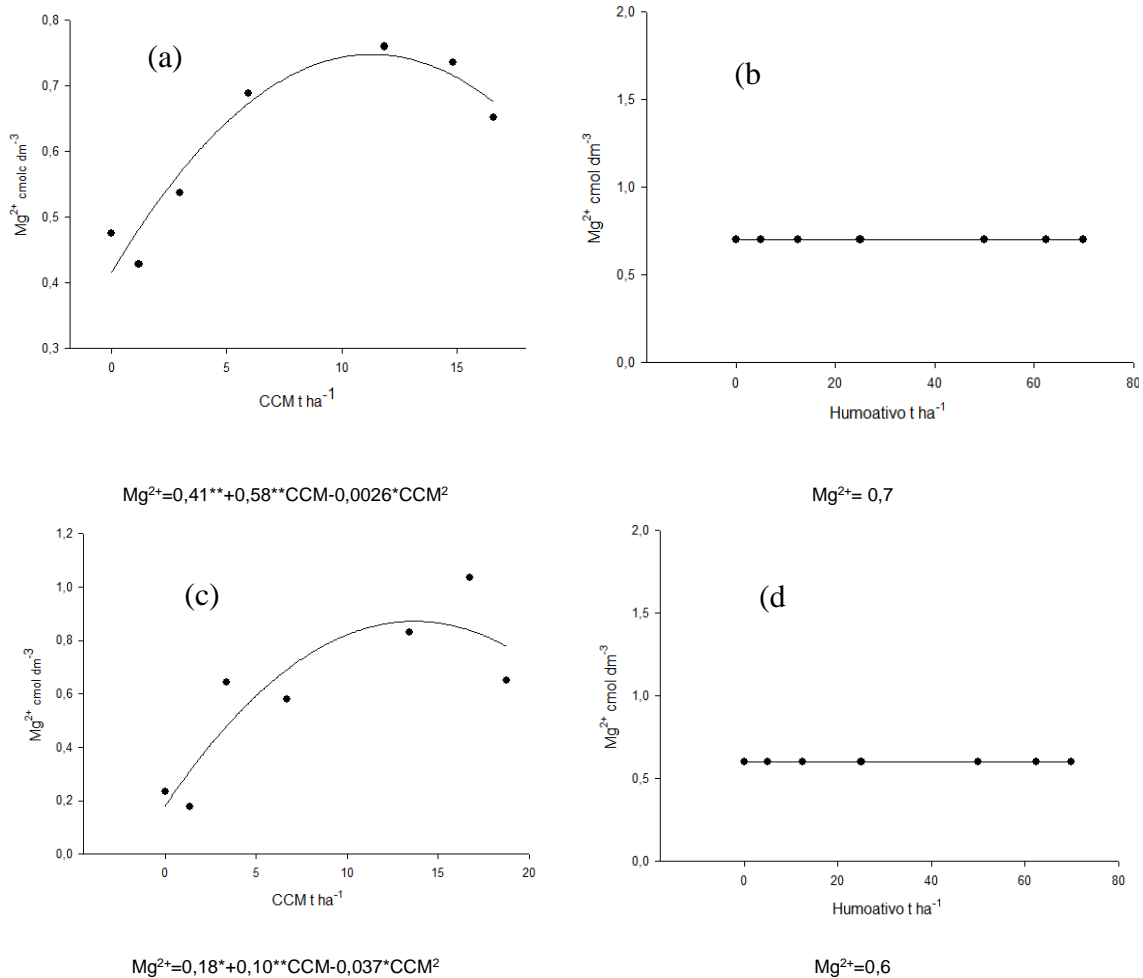


Figura 2- Comportamento dos valores médios de Magnésio trocável ( $Mg^{2+}$ ), em função das doses de CCM (a) e Humoativo (b) no LA e no CCM (c) e Humoativo (d) no solo PA.

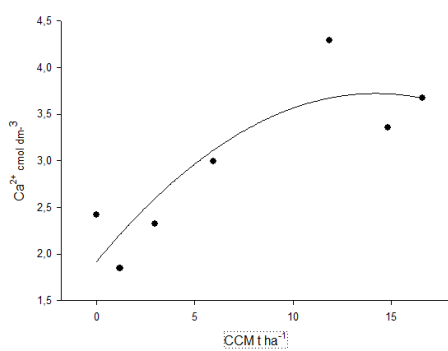
Ao final do experimento, observou valores muito próximos para os valores médios de magnésio trocável nos dois solos estudados para ambos corretivos avaliados, o que apontou similaridade dos efeitos da aplicação do calcário frente aos resíduos utilizados, fato que corrobora a possibilidade de utilização dos resíduos como corretivo da acidez e fonte de magnésio.

Quanto ao teor de  $Ca^{2+}$  disponível no solo, não houve interação das doses CCM X Humoativo em nenhum dos dois solos. Respostas significativas foram encontradas quando observadas individualmente para as doses de CCM no solo LA e no solo PA e de Humoativo para PA, com os resultados ajustando-se, respectivamente, ao modelo quadrático de regressão (Figura3abc).

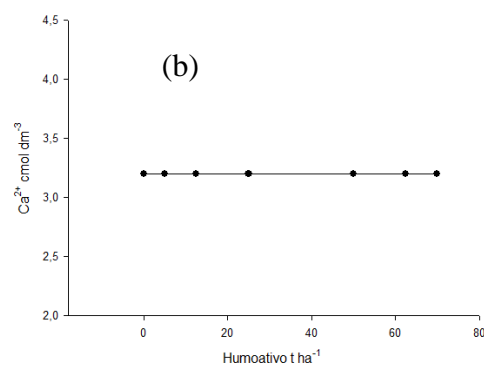
A disponibilidade de Cálcio foi menor nas combinações em que houve ausência da CCM. As combinações com proporções menores de CCM também não elevaram a concentração de  $Ca^{2+}$ .

Na dose de CCM de 15,62 t ha<sup>-1</sup>, verificou-se o teor máximo disponível no solo LA 3,87 cmol dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup> (Figura 3a), valor esse próximo da dose utilizada no tratamento T8 (considerado o melhor tratamento) (Tabela 5), onde se utilizou 14 t ha<sup>-1</sup> de CCM que elevou o teor de Ca<sup>2+</sup> a 3,4 cmol dm<sup>-3</sup>. No solo PA a dose de 19,89 t ha<sup>-1</sup> de CCM que respondeu pelo máximo teor de Ca<sup>2+</sup> disponível no solo com 2,9 cmol dm<sup>-3</sup> (Figura 3b). Para o Humoativo a dose de 76,6 t ha<sup>-1</sup> elevou o teor de disponibilidade de Ca<sup>2+</sup> a 2,31 cmol dm<sup>-3</sup> sendo esse o teor máximo disponível no solo, dose esse referente a 280% do indicado que seria 25 t ha<sup>-1</sup> (100%). Balbinot Junior *et al.* (2014), também observaram aumento no teor de Ca<sup>2+</sup> com as doses de resíduo, até, aproximadamente, 200 Mg ha<sup>-1</sup> e no tratamento com calcário. Isso ocorreu porque o resíduo e o calcário testados possuem esse elemento em sua composição.

Em pesquisa realizada por Hanisch & Fonseca (2014), também observaram valores positivos, trabalhando com a cinza de biomassa, no aumento dos teores de Ca, P e K e na saturação por bases no solo em estudo.



$$Ca^{2+}=1,92^{**}+0,25^{*}CCM-0,008^{*}CCM^2 R^2=0,66$$



$$Ca^{2+}= 3,2$$



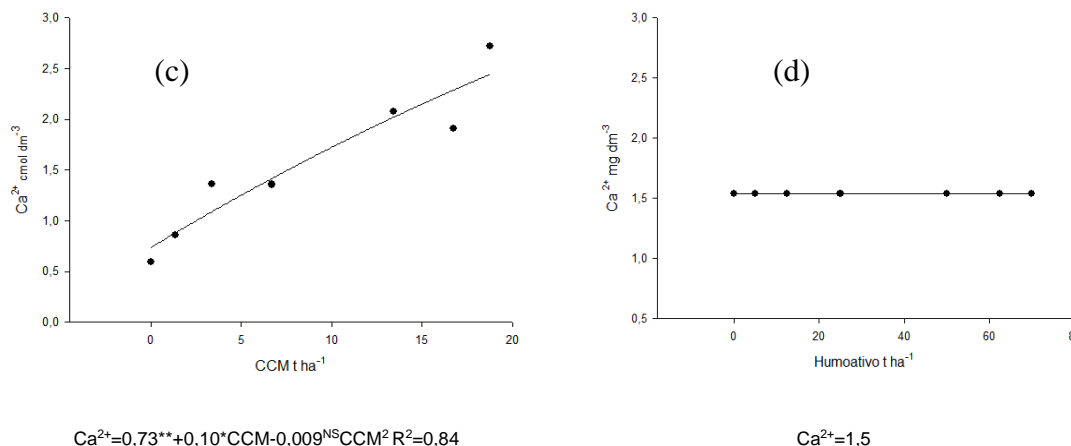


Figura 3- Comportamento dos valores médios de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), em função das doses de CCM(a) e Humoativo(b) no solo LA (a) e CCM(c) e Humoativo(d) no solo PA.

No LA, os teores médios de cálcio trocável ao final de 30 dias foram classificados, segundo Prezotti *et al.* (2007), como médio, entre de 1,5  $\text{cmol dm}^{-3}$  a 4,0  $\text{cmol dm}^{-3}$ , para o subproduto e para o calcário. Para o PA os teores de cálcio trocável de um modo geral foram classificados, segundo Prezotti *et al.* (2007), como baixo, menor que 1,5  $\text{cmol dm}^{-3}$  para o calcário e para os subprodutos (Tabela 5). Este fato ocorre devido aos solos mais argilosos apresentarem maior superfície específica, o que contribui para o aumento da disponibilidade de cátions trocáveis, e conseqüentemente na elevação da capacidade de troca catiônica (CTC).

Fonseca *et al.* (2012), concluem em seu trabalho que a aplicação ao solo das doses da mistura de lama de cal, greds, grits, equivalentes àquelas recomendadas para elevar o pH do solo a 6,0 na camada de até 20cm de profundidade, eleva o pH, o teor de Ca e a relação Ca:Mg do solo até o quinto ano após sua aplicação.

Ao final do experimento, observou valores muito próximos para os valores médios de cálcio trocável nos solos estudados para ambos os corretivos avaliados, o que apontou similaridade dos efeitos da aplicação do calcário frente aos resíduos utilizados, fato que confirma a possibilidade de utilização dos resíduos como corretivo da acidez e fonte de cálcio.

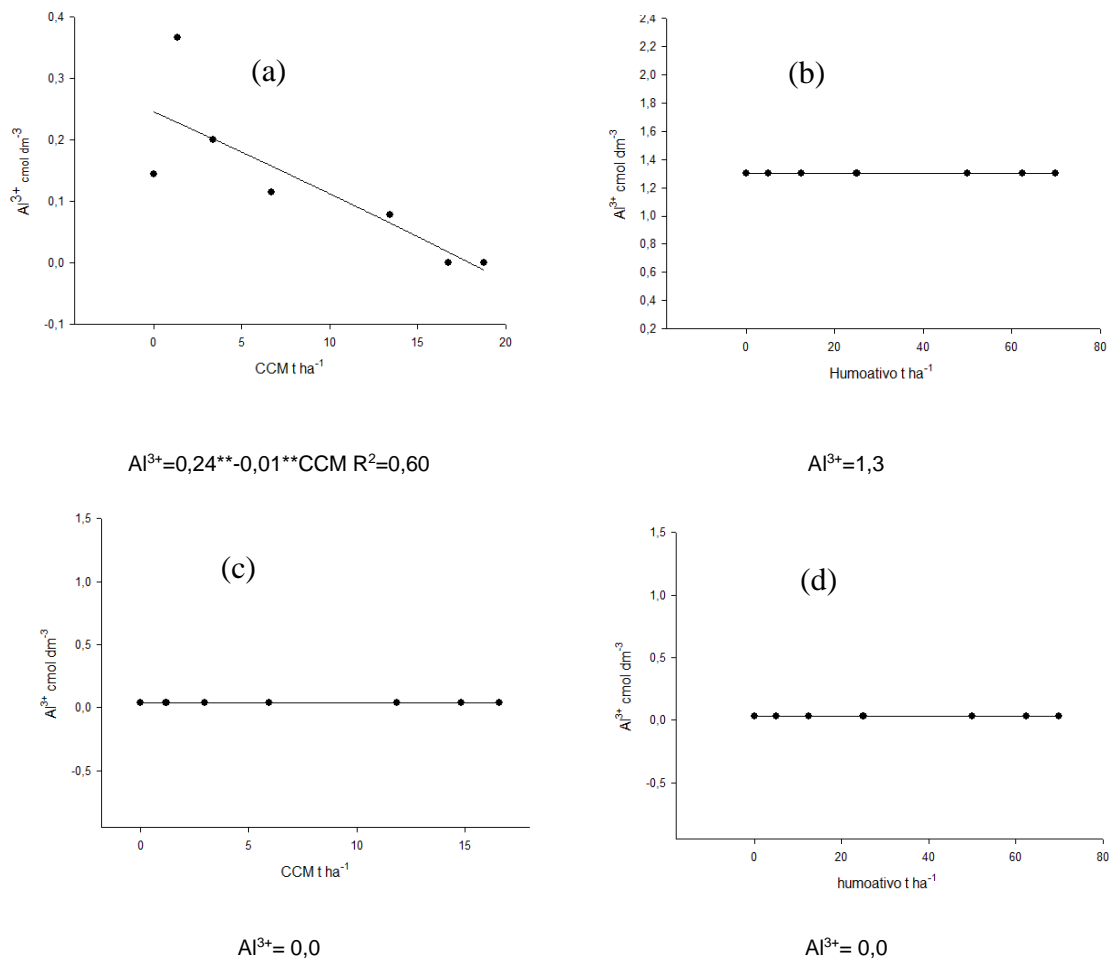


Figura 4- Comportamento dos valores médios de Alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ), em função das doses de CCM(a) e Humoativo(b) no solo PA e CCM(c) e Humuativo(d) no solo LA.

Na análise pode-se observar que as doses de CCM foram altamente determinantes na correção da acidez do solo (Figura 4a), neutralizando o alumínio trocável, que é tóxico para a maioria das culturas.

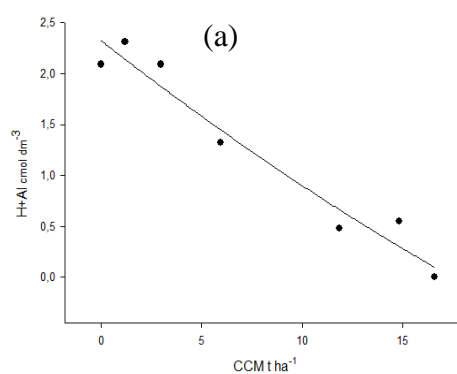
Não houve interação das doses CCM X Humoativo em nenhum dos dois solos. Resposta significativas foram encontradas quando observadas individualmente para as doses de CCM no solo PA, com os resultados ajustando-se, ao modelo linear de regressão (Figura 4a).

Entretanto, mesmo não existindo interação, valores significativos podem ser observados (Tabela 5), onde para ambos os solos os valores de  $Al^{3+}$  diminuíram eficientemente. Os valores de  $Al^{3+}$  iniciais nos solos correspondem a 1,3 e 1,0  $cmol\ dm^{-3}$  no solo LA e PA, respectivamente, classificados como altos segundo Prezotti *et al.* (2007). Após o período de cultivo esses valores variaram entre 0,0 a 0,3  $cmol\ dm^{-3}$  para ambos os solos, ou seja, ocorreu uma redução de mais de 50% os teores de  $Al^{3+}$  nos solos, saindo de faixa considerada alta por

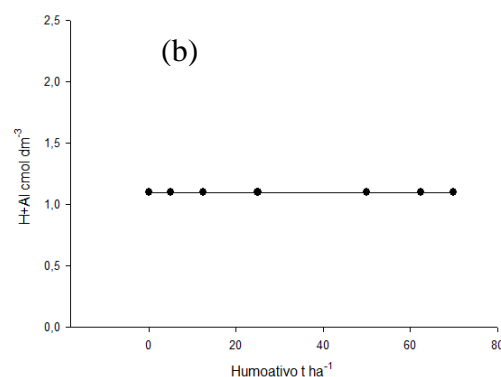
Prezotti *et al.* (2007), para baixa.

Concomitantemente com a redução da acidez, observou-se a redução nos teores de  $Al^{+3}$  com a aplicação de doses dos resíduos. Nas maiores doses o  $Al^{+3}$  foi praticamente neutralizado em resposta à aplicação dos materiais (subprodutos e calcário), resultados semelhantes foram contatados por Maeda *et al.* (2013), trabalhando com Neossolo Regolítico Distrófico húmico com *Pinus taeda*, observaram a redução nos teores de  $Al^{+3}$  com a aplicação de doses de todos os resíduos (carbonato de cálcio e resíduos gerados em indústrias de celulose e papel). Nas maiores doses o  $Al^{+3}$  foi praticamente neutralizado. Raymundo *et a.* (2013), com a aplicação dos materiais resíduo de mármore serrado e calcário comercial em Latossolo vermelho amarelo distrófico, observou que o teor de Al reduziu do nível médio (0,51 a 1,00  $cmolc\ dm^{-3}$ ) para o nível muito baixo (0,1 a 0,0  $cmolc\ dm^{-3}$ ) na menor dose aplicada (75%).

Quanto ao teor de acidez potencial (H+Al), observa-se que em ambos os solos não houve interação das doses de CCM X Humoativo para acidez potencial (H+Al). Entretanto, avaliando individualmente, observou-se significância para as doses de CCM no solo LA e no solo PA, com os resultados tendo ajuste ao modelo de regressão linear e quadrática, respectivamente (Figura 5ab). O incremento das doses de CCM tanto no LA quando no solo PA resultou na redução da acidez potencial.



$$H+AL=2,28^{**}-0,13^{**}CCM$$



$$H+AL = 1,1$$

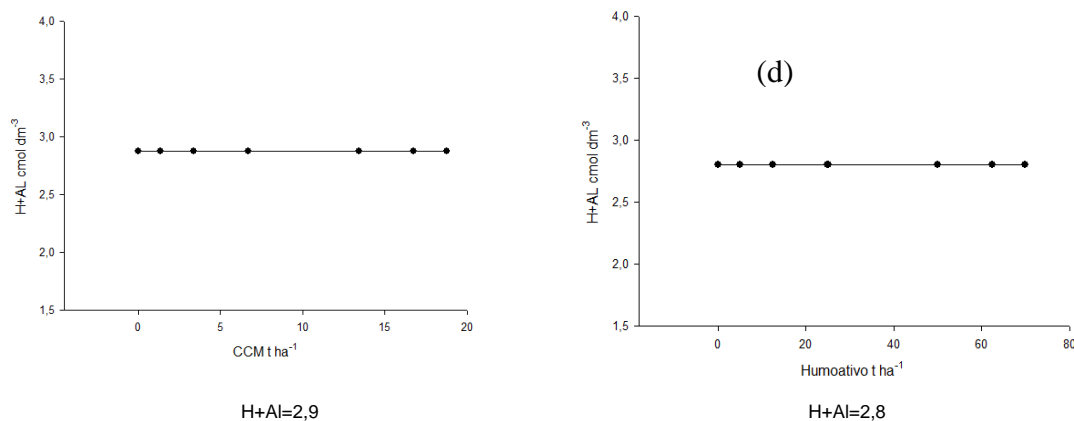


Figura 5- Comportamento dos valores médios de acidez potencial (H+Al), em função das doses de CCM(a) e Humativo(b) no LA e CCM(c) e Humoativo(d) no solo PA.

Na tabela 5, nota-se que em todos os tratamentos do solo LA, tiveram valores entre 0,0 a 2,3 cmol dm<sup>-3</sup> valores considerados baixos Segundo Prezotti *et al.* (2007), enquanto o solo PA teve valores entre 1,1 a 3,4 cmol dm<sup>-3</sup>, valores considerados médios segundo Prezotti *et al.* (2007). A redução da acidez potencial ocorreu à medida que aumentou a proporção de CCM (Figura 5ab).

A acidez potencial (H+Al) foi reduzida acentuadamente pela aplicação dos subprodutos e, em menor proporção, quando se aplicou o calcário, esses valores podem ser observados quando comparados os valores médios geral de 1,27 e 2,38 cmol dm<sup>-3</sup> no LA e PA (Tabela 6), respectivamente, com os valores de 2 e 2,6 cmol dm<sup>-3</sup> do T2 (Tabela 5), onde se utilizou calcário como corretivo. Resultado contrário foram encontrados por Prado *et al.* (2002), onde a acidez potencial (H+Al) foi reduzida acentuadamente pela aplicação dos calcários e, em menor proporção, quando se aplicou a escória de siderurgia em um Latossolo vermelho distrófico.

De acordo com Branco *et al.* (2013) o aumento do pH está relacionado com a diminuição da acidez potencial proporcionada pelo aumento da dose do resíduo, trabalhando com aplicação de dregs, o aumento das doses de dregs de 0 para 10,0 g kg<sup>-1</sup>, o pH aumentou quadraticamente e a acidez potencial (H + Al) diminuiu quadraticamente.

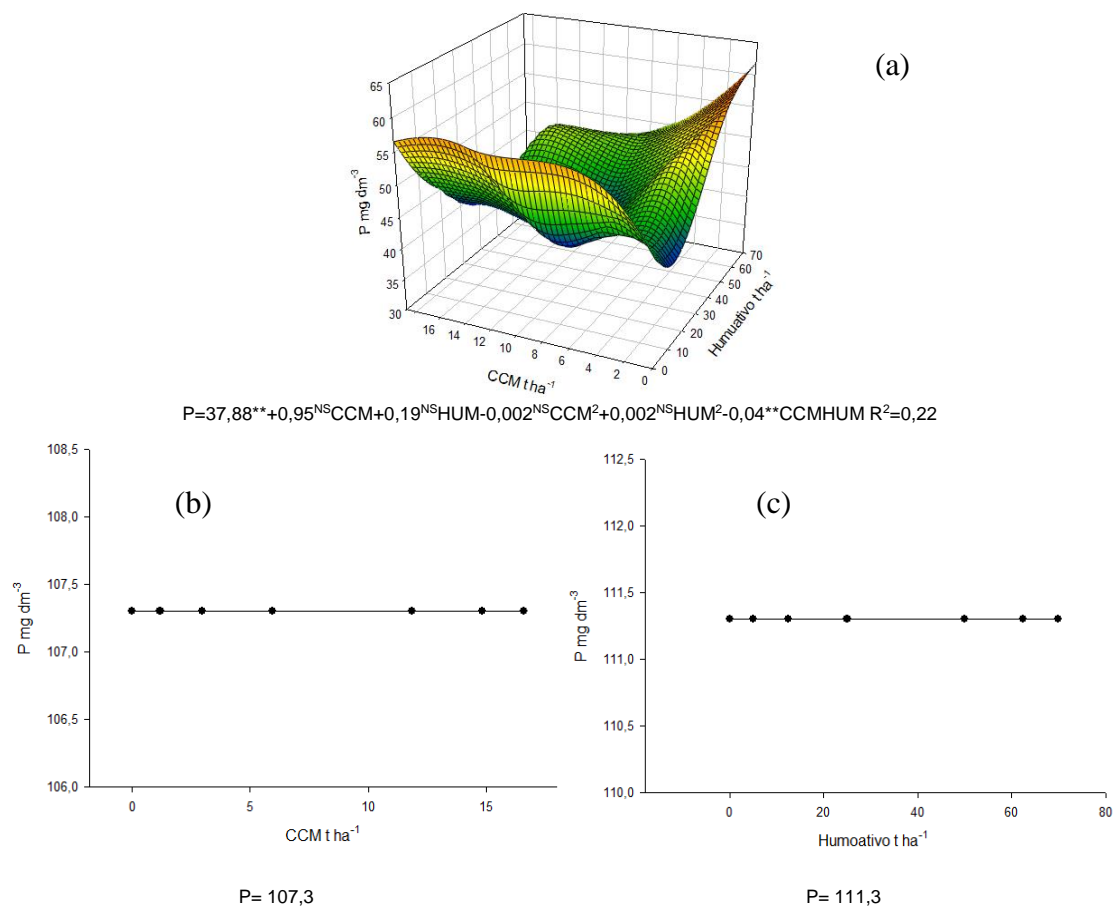


Figura 6- Efeito da interação das doses de CCM X Humoativo sobre o fosforo (P) no PA(a) e comportamento dos valores médios de P, em função das doses de CCM(b) e Humoativo(c) no LA

Quanto a disponibilidade do teor de P no solo, não observou interação para as doses de CCM X Humoativo no LA. Entretanto para o PA houve interação (Figura 6).

A aplicação dos subprodutos e do calcário aumentaram expressivamente o teor de P no solo. Os teores de P no solo saíram de uma faixa de 0,4 e 1,2 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 1) para 129,1 e 59,3 mg dm<sup>-3</sup> no solo LA e PA (Tabela 2), respectivamente.

Segundo Melo *et al.* (1997) citado por Nascimento *et al.* (2004), ainda existem dúvidas quanto ao potencial do lodo em aumentar a disponibilidade de fósforo no solo. No entanto em seu trabalho Nascimento *et al.* encontraram valores positivos em relação ao aumento do teor de P disponível, com duplicação dos teores originalmente presentes nas amostras para a dose mais elevada do lodo. O que corrobora com os valores encontrados no presente trabalho, valores positivos na aplicação dos subprodutos.

Em trabalho semelhante realizado por, Silva *et al.* (2013), observaram

aumento significativo de P em um Cambissolo húmico, após 30 dias de incubação do solo com doses crescentes de composto com cinza de biomassa florestal.

Na análise de variância para o elemento  $K^{2+}$  no solo LA, observou-se interação entre as doses de CCM X Humoativo (Figura 7a). O estudo da superfície de resposta da disponibilidade do nutriente  $K^{2+}$  no solo demonstrou que, tanto para CCM quanto para Humoativo há uma grande variação decorrente da dose aplicada.

As doses de CCM X Humoativo para o Solo PA não apresentou interação. Entretanto, observou-se significância para as doses individuais de CCM e Humoativo, com os resultados tendo ajuste ao modelo de regressão de segunda ordem (Figura 7bc).

Para o PA o tratamento 3 teve o maior valor, estando este acima de 60 mg dm<sup>3</sup>, considerado por Prezotti *et al.* (2007) como o nível baixo. No LA os tratamentos que apresentaram valores entre 80 a 200 mg dm<sup>3</sup> foram os T4 e T6, considerado por Prezotti *et al.* (2007) como valores médios requerido para o desenvolvimento das hortaliças. E os tratamentos T3, T11 e T12 apresentaram valores acima de 200 mg dm<sup>-3</sup> considerado por Prezotti *et al.* (2007) como alto para a cultura de hortaliças. Cabe então, concluir que os tratamentos 4 e 6 são os mais adequados para o LA, no que diz respeito ao fornecimento de potássio (Tabela 5).

Os teores de potássio foram maiores no solo LA em relação ao solo PA (Tabela 6), porem ambos os solos tiveram incrementos desse elemento. No solo PA esse incrementou chegou mais de 600%, no solo PA mais de 130%, comparando com os valores iniciais (Tabela 1).

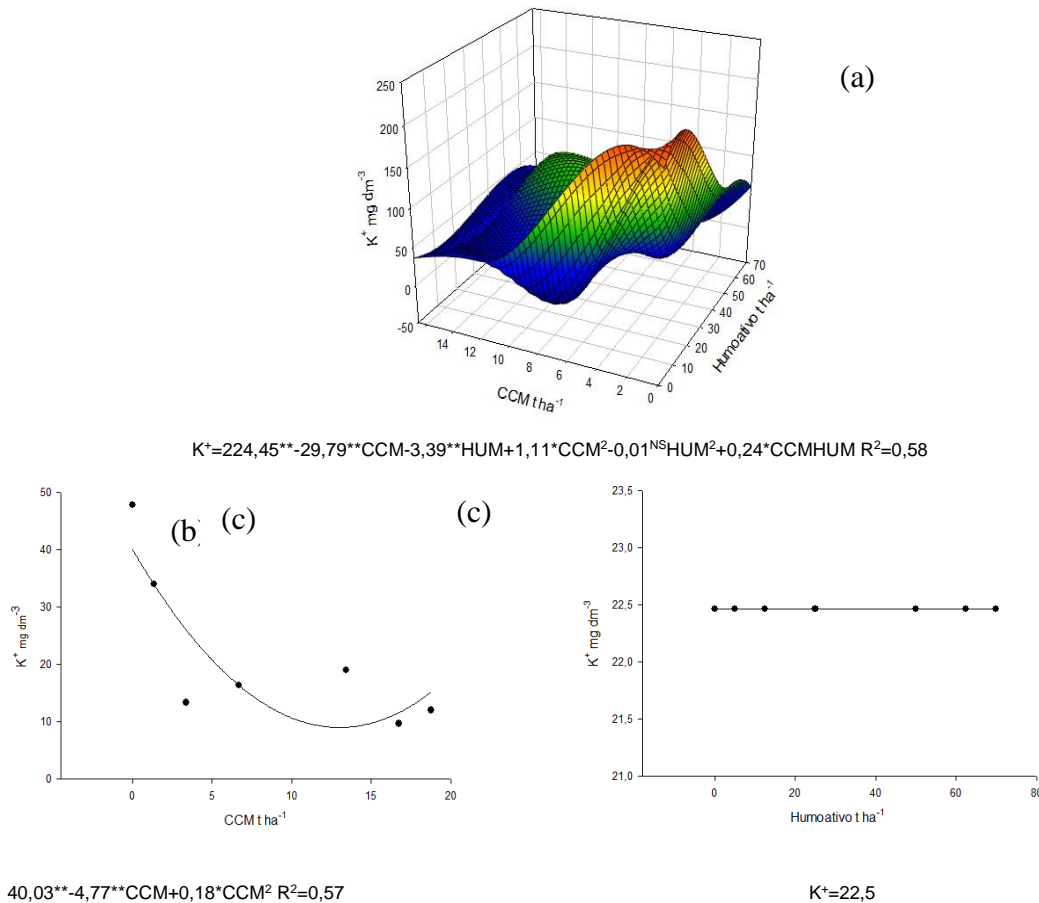


Figura 7 - Efeitos da interação das doses de CCM X Humoativo sobre o potássio trocável ( $K^+$ ) no solo LA (a) e comportamento dos valores médios de  $K^+$ , em função das doses de CCM no solo PA (b) e do Humoativo no PA (c).

O incremento da dose de CCM e Humoativo no solo resultou em redução da disponibilidade do  $K^{2+}$  no solo (Figura 7ab). Isso devido ao teor relativamente baixo de potássio presente nos subprodutos, cerca de 0,5% apenas de  $K_2O$ . Os teores de potássio adicionados ao solo pela adubação de base, subentende que foi absorvido pelas plantas (Figura 7ab). Resultados em que se obteve menor teor de potássio disponível também foi encontrado por Maciel *et al.* (2015), usando colunas de solo e ciclos de umedecimentos em dois Latossolos de texturas distintas, com aplicação de resíduos da extração de celulose, observaram que o  $K^+$  em todos os tratamentos apresentaram teores menores quando comparados ao teor de K determinado no solo antes do início do experimento, o que demonstra a capacidade de perda do íon por lixiviação.

Quanto os teores de sódio, observou interação para as doses de CCM X Humoativo no solo LA (Figura 8a), com ajuste dos resultados ao modelo polinomial de regressão. Entretanto, não houve interação entre as doses CCM X

Humoativo para PA., contudo, esse teor foi influenciado quando avaliados individualmente, observando significância para as doses de CCM (9b) e Humoativo (9c) no PA, ajustando-se ao modelo quadrático e linear da regressão, respectivamente.

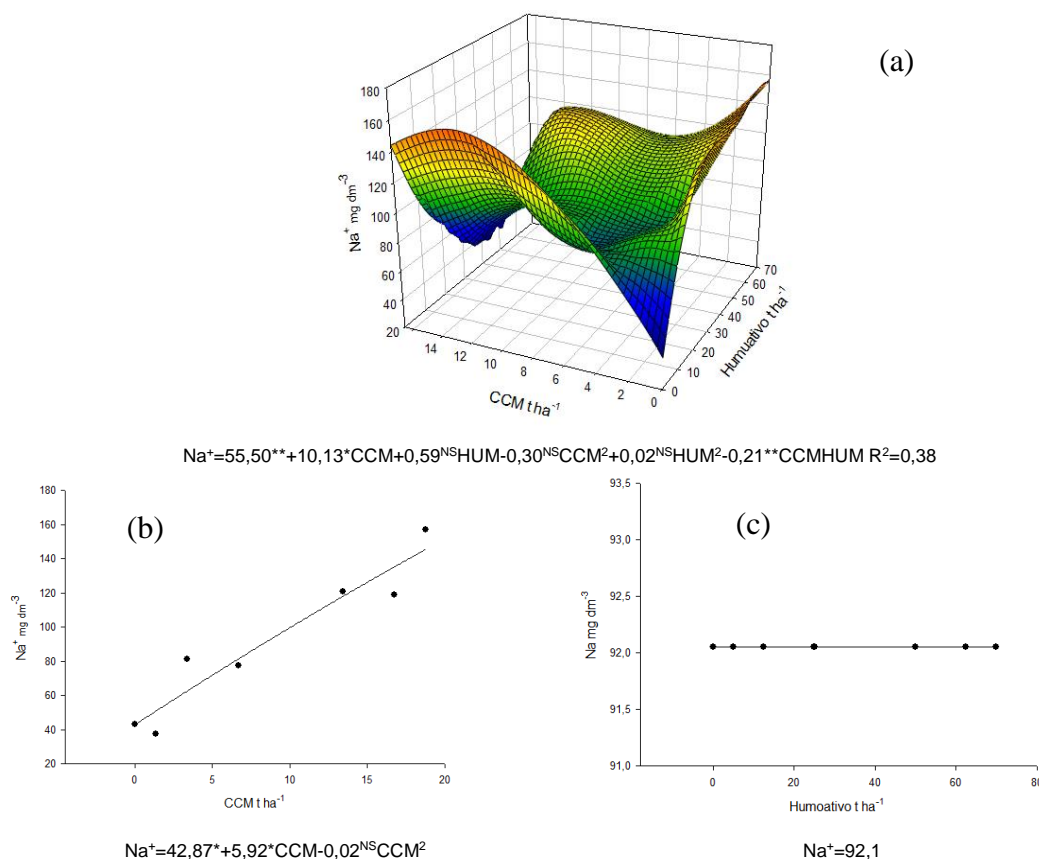


Figura 8- Efeito da interação das doses de CCM X Humoativo sobre o sódio ( $Na^+$ ) no solo LA (a) e comparação dos valores médios de  $Na^+$  em função das doses de CCM no solo PA (b) e Humoativo no PA (c)

O aumento da dose de resíduo elevou os teores de sódio no solo, pois os subprodutos apresentam em sua composição teor expressivo desse elemento, quase 2%, ao contrário do que ocorre com o calcário que tem baixo teor de sódio. Valores assim também foi observado por Nascimento *et al.* (2004), trabalhando com Argissolo, onde os valores de  $N^+$  aumentaram.

Albuquerque *et al.* (2011), também constataram altos teores de  $Na^+$  na camada superficial, utilizando resíduos alcalinos (dregs) em dois cambissolos.

Santos *et al.*, (1997), trabalhando na adubação com composto orgânico de lixo urbano no substrato de crescimento e na produção de 10 cultivares de alface, também observaram altos valores de  $Na^+$ , chegando a  $275,30 \text{ mg dm}^{-3}$  em uma



determinada variedade.

O aumento excessivo de  $\text{Na}^+$  no solo pode ocasionar problemas como salinização e dispersão de argila, comprometendo a estrutura do solo (Medeiros *et al.*,2009).

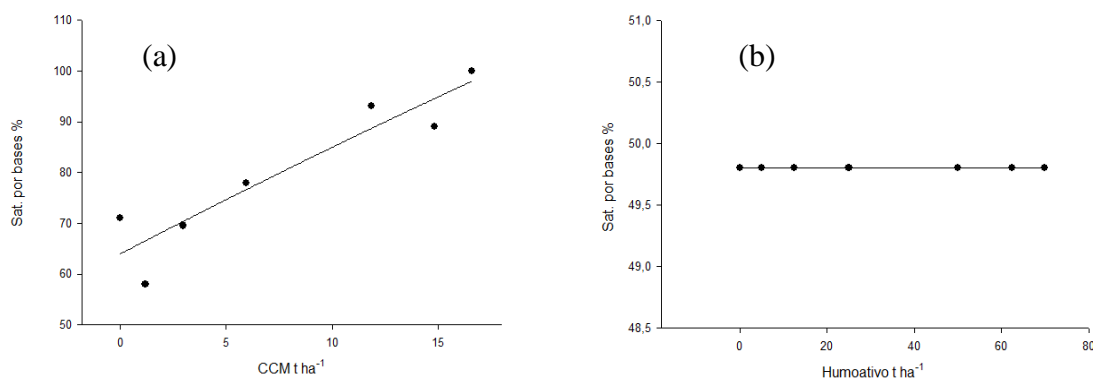
Em experimento realizado por Fonseca *et al.* (2012), utilizando lama de cal, dregs e grits por um período de cinco ano, observaram que os valores de  $\text{Na}^+$  no solo nos anos subsequentes, diminuíram sensivelmente, atingindo valores próximos àqueles originais, mesmo com a reaplicação.

Não houve interação para V no solo LA, contudo, avaliando individualmente observa-se significância para as doses de CCM no LA, ajustando-se ao modelo linear da regressão (Figura 9a).

No solo PA houve interação entre as doses de CCM X Humoativo para a V, com ajuste dos resultados ao modelo polinomial de regressão (Figura 9b).

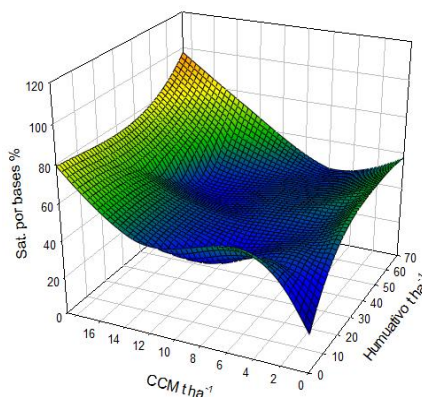
No PA todos tratamentos exceto os T8, T13 e T14 apresentaram os valores de V% abaixo de 60, enquanto no LA apenas o T11 não atingiu esse patamar (Tabela 5).

Todos esses tratamentos receberam as menores doses dos corretivos (CCM X Humoativo). Para os dois solos a saturação por bases teve seu comportamento ligado ao efeito dos tratamentos sobre o pH dos solos, cabendo inferir que apesar dos tratamentos que receberam as maiores doses dos subprodutos terem elevado o V% para valores maiores, deve-se levar em consideração que os tratamentos mais adequados ao equilíbrio da disponibilidade dos nutrientes são aqueles em que o pH se situou na faixa de 5,5 a 6,0.



$$V=64,18^{**}+2,04^{**}CCM \quad R^2=0,83$$

$$V=49,8$$



(c)

$$V=30,17^{**}-0,48^{NS}CCM+0,32^{NS}HUM+0,16^{*}CCM^2+0,003^{NS}HUM^2-0,03^{*}CCMHUM \quad R^2=0,58$$

Figura 9- Comportamento dos valores médios de Sat. Por bases (V) em função das doses de CCM(a) e Humoativo (b) no PA e efeitos da interação das doses de CCM X Humoativo sobre a V no solo PA (c).

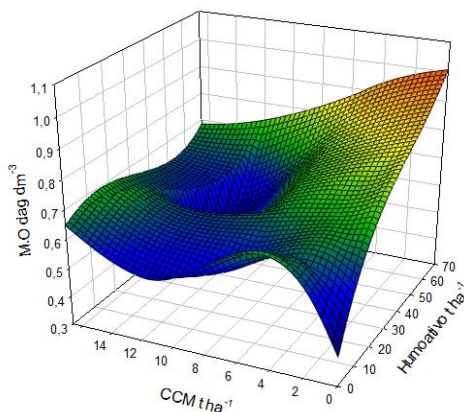
O aumento na saturação de bases é decorrente da concentração de Ca, Mg, K e Na no solo em consonância com a redução da acidez potencial, representada pela concentração de H+Al trocáveis.

Com a elevação da saturação por bases, a adição dos subprodutos contribuiu para a melhoria da qualidade química do solo. Trabalhando com resíduos alcalinos em um cambissolo húmico aluminico no desenvolvendo inicial de das plantas de trigo Medeiros *et al.* (2013), observaram também aumento na saturação por bases (V) de 43% e 70%, com a aplicação de resíduos nas doses de 25% e 50% da quantidade necessária para elevar o pH do solo a 6,0.

Observa-se que houve interação para a combinação das doses de CCM X Humoativo para o teor de M.O no solo LA, com ajuste dos resultados a modelo polinomial de regressão. A análise da superfície de resposta demonstrou que as doses de Humoativo foram altamente determinantes no incremento da matéria orgânica no Latossolo Amarelo (Figura 10).

Observando as medias dos dois solos para esse atributo, o PA apresentou maiores valores no teor de matéria orgânica do que o LA, fato este que já havia sido observado na caracterização dos dois solos (Tabela 1) com valores de 2,1 e 0,9 dag dm<sup>-3</sup> para PA e LA respectivamente, valores classificados como alto para o PA e baixo para o LA de acordo com classificação de Prezotti *et al.* (2007).

Entretanto, observando os valores das medias dos dois solos, nota-se que há redução no teor de matéria orgânica, podendo-se concluir que os resíduos da produção de celulose não mostraram efeito positivos sobre a matéria orgânica do solo neste trabalho.



$$V=0,46^{**}+0,004^{NS}CCM+0,008^{*}HUM+0,0004^{NS}CCM^2+7,08^{NS}HUM^2-0,0006^{**}CCMHUM \quad R^2=0,43$$

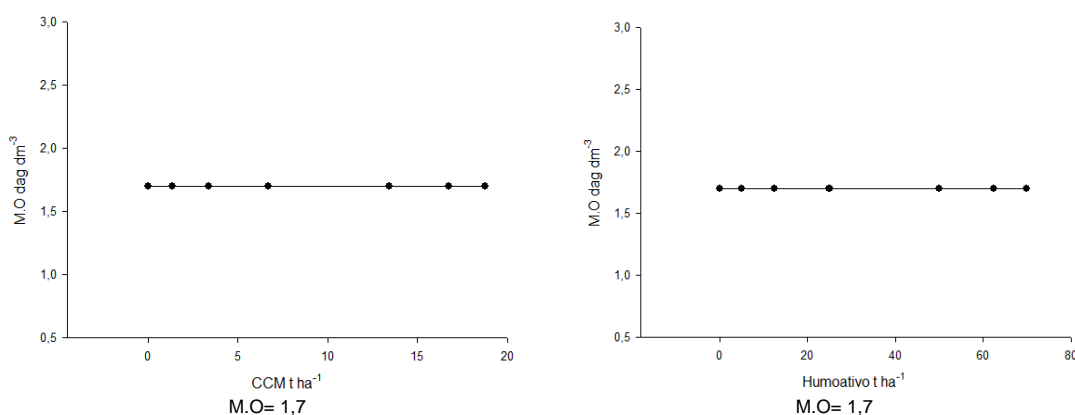


Figura 10- Efeito da interação das doses de CCM X Humoativo sobre a Matéria orgânica (M.O) no solo LA.

Porém, outras pesquisas já recomendam sua utilização. O lodo da estação de tratamento de esgoto promove, por meio da adição de matéria orgânica, melhorias nas propriedades físicas e química do solo, favorecendo a cobertura inicial do solo, que por sua vez reduz o impacto das gotas de água de chuva, possibilitando a restauração do equilíbrio do ecossistema (CESAN, 2011).

Diante disso torna-se conveniente a continuidade dos estudos com critérios técnicos e de forma segura, envolvendo o uso do Humoativo como fonte de matéria orgânica nos cultivos.

Para a CTC potencial não houve diferença entre os solos avaliados (Tabela 6). Ao contrário, diminuiu a CTC dos solos. Inicialmente 5,8 e 6,5  $\text{cmol dm}^{-3}$  para 5,7 e 5,11 para o LA e o PA, respectivamente.

Mesmo o Humoativo possuindo características positivas a esse atributo, como elevados teores de C que pode melhorar a capacidade do solo em reter água e nutrientes, além de contribuir para a elevação dos teores de matéria

orgânica, ser fonte de alguns nutrientes, como nitrogênio, fósforo e cálcio. Há uma dependência da mineralização da matéria orgânica do Humoativo, fato que demanda tempo.

## CONCLUSÕES

O subproduto das indústrias de papel e celulose é eficaz para aumentar o pH do solo.

Até a aplicação de 50% (2,97 e 3,36 t ha<sup>-1</sup>) das doses dos subprodutos para o solo LA e PA, respectivamente, não é eficaz para aumentar o pH do solo para a faixa ideal 5,5 a 6,0.

A utilização dos subprodutos como corretivo do solo no PA foi melhor comparado com o corretivo calcário dolomítico.

As doses das combinações, em que, de modo geral todos atributos tiveram resultados positivos, foram 14,83 t ha<sup>-1</sup> e 25 t ha<sup>-1</sup> de CCM e Humoativo, respectivamente, para o LA e 13,42 t ha<sup>-1</sup> e 50 t ha<sup>-1</sup> de CCM e Humoativo, respectivamente, para o PA.

O Subproduto aumenta os teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, P, Na<sup>+</sup> e a saturação por bases no solo.

A aplicação de subprodutos reduz os teores de Al<sup>3+</sup>, acidez potencial (H+AL) e satura por alumínio (m).

O uso dos subprodutos eleva os teores de Na<sup>+</sup> no solo em até 15 vezes o valor inicial.

Os resíduos oriundos da produção de papel e celulose (CCM e Humoativo) estudados apresentaram potencial de utilização como corretivos da acidez do solo e fonte de Ca e Mg, para os solos estudados.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, F. N. de; OLIVEIRA, E. B. de; VIEIRA, E. A; TENÓRIO, J. A. S; OLIVEIRA, J. R. de. **Caracterização de resíduos industriais visando a seu aproveitamento na fabricação de aço**. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 65(3), p. 319-325, julho- setembro, 2012.

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; FONTANA, E. C.; COSTA, F. S.; RECH, T. D. Propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. **Revista brasileira de ciências do solo**, v. 26, p. 1065-1073, 2012.

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J; FONTANA, E. C.; COSTA, F. S.; RECH, T, D. **Propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1065-1073, 2002.

ALBUQUERQUE, J. A.; MEDEIROS, J. C.; COSTA, A. da; RENGEL, M. Aplicação de resíduo alcalino na superfície de Cambissolos. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p.888-898, 2011.

ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 108-116, 2010.

ARRUDA, J. A. Resíduos da industrial de celulose como corretivo da acidez do solo e fonte de cálcio para eucalipto. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Viçosa, MG, f. 20, 2010.

ARRUDA, O. G de; TARSITANO, M. A. A.; ALVEZ, M. C.; GIACOMO, R. G. Comparação de custos de implantação de eucalipto com resíduo celulósico em substituição ao fertilizante mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.5, p. 576-583, set/out, 2011.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; VEIGA, M da; FONSECA, J. A da; VOGT, G. A.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, E. R. O. Aplicação de resíduo de reciclagem de papel em cambissolo háplico e seu efeito no solo e no cultivo de planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p.336-344, 2014.

BALDOTTO, M. A.; ASPIAZU, I.; SILVA A. P. da; CORREA , M. L. T.; VENEGAS, V. H. A. Potencialidade agrônômica do resíduo de rochas ornamentais. **Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia**, Vitória, n. 3, p.1-8, 2. sem.2007.

BARRETTO, V. C. DE M. **Resíduos de indústria de celulose e papel na fertilidade do solo e no desenvolvimento de eucalipto**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, f. 64, 2008.

BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D. da; ANDRADE, G. de C. **Efecto de la aplicacion de ceniza de caldera y residuo de celulosa en el suelo y en el crecimiento de Eucalyptus grandis**. Bosque, Valdivia, v.16, n.1, p.95-100, 1995.

BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A.; ANDRADE, G.C. Resíduos da Indústria de Celulose em Plantios Florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, 37:99-106, 1998.

BRACELPA, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). Dados do Setor. Julho de 2012. Disponível em: < <http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf> >. Acesso em janeiro de 2015.

BRANCO, S. B.; SILVEIRA, C. B. da; CAMPOS, M. L.; GATIBONI, L. C.; MIQUELLUTI, D. J. Atributos químicos do solo e lixiviação de compostos fenólicos após adição de resíduo sólido alcalino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, Campinas Grande, maio 2013..

CESAN, COMPANHIA ESPIRITOSANTENSE DE SANEAMENTO. Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do Espírito Santo. **Incaper**. 2011. 126p.

CHAVES, L. H. G. et al. Variabilidade de propriedades químicas de um Neossolo Flúvico da Ilha de Picos (Pernambuco). **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 02, p. 135-141, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, p. 627, 2009.

FIGUEIREDO, P. G. & TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa** (gvaa), Mossoró, v. 5, n. 3, p. 01-04, julho-setembro, 2010.

FLORES, D.M.M.; FRIZZO, S.M.B.; FOELKEL, C.E.B. Tratamentos alternativos do efluente de uma indústria de celulose branqueada e papel. **Ciência Florestal**, v.8, p.93-107, 1998.

FONSECA, J. A da; HANISCH, A. L.; BACKES, R. L.; GISLON, I. Evolução de características químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico até o quinto ano após aplicação de resíduos da indústria de celulose. **Revista agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 25, n.3, nov. 2012.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 5-8, 1980

GRANGEIRO, L. C.; FREITAS, F. C. L. de; NEGREIROS, M. Z. de; MORROCOS, S. de T. P.; LUCENA, R. R. M de; OLIVEIRA, R. A. de. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.6, n.1, p.11-16, 2011.

GUERRA, M. A. S. L. Avaliação de indicadores biológicos e físico-químicos no composto orgânico produzido a partir de resíduos da indústria de celulose. 2007. 70 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A da. Efeito da adubação com cinza de biomassa sobre uma pastagem de hemátria cv. Flórida cultivada em solo ácido. **Revista Agropecuária catarinense**, Florianópolis, v.26, n.3, p.74-80, nov.2013/fev.2014

HORTA, C.; LUPI, S.; ANJOS, O.; ALMEIDA, J. Avaliação do potencial fertilizante de dois resíduos da indústria florestal. **Revista de ciências agrárias**, p. 147 – 159, 2010.

LEITE, R. A. - Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo do equilíbrio fósforo-enxofre na cultura de soja em amostras de dois Latossolos de Minas Gerais. **Tese de Mestrado**, Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p. 87, 1984

LINHARES, P.C.F.; SILVA, M. L da; SILVA, J. dos S.; HOLANDA, A. K de; SILVA, U. L da. **Adição de jirirana ao solo no desempenho de rúcula cv. folha larga**. Caatinga, v. 21, n. 05, p. 89-94, 2008.

MACIEL, T. M. S.; ALVES, M. C.; SILVA, F. C. Atributos químicos da solução e do solo após aplicação de resíduo da extração de celulose. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.84–90, 2015.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Propriedades químicas de solo tratado com resíduos da indústria de celulose e papel. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 169-177, abr./jun. 2013.

MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; BATISTELLA, F. & GRAH, J. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.16571665, 2009.

MEDERIOS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; PHILLIPPI, T. Resíduo alcalino da indústria de celulose na correção da acidez de um Cambissolo Húmico aluminico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.12, n.1, p. 78-87, 2013.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p.385-392, 2004.



NOLASCO, A. M.; GUERRINI, I. A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fontes de nutrientes e condicionadores de solos florestais. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. p. 386-414.

NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1017. 2007

OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**, p.195, 1991.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Revista Scientia Agricola**, v.58, p.581-593, 2001.

PÉRTILE, P. Resíduo alcalino da indústria de celulose em solos ácidos e área degradada. **Dissertação (Mestrado)** – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC, p. 106, 2011.

POLYZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. da. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agroambiente** on-line, v.7, n.1, p. 28-25, janeiro – abril, 2013.

PORTO, R. de A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. de M.; CORDOVA, N. R. M.; PRADO, R. M.; COUTINHO, E. L. M.; ROQUE, C. G.; VILLAR, M. L. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 539-546, abr. 2002.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

PURQUERIO, L.F.V.; DEMANT, L.A.R.; GOTO, R; BOAS, R.L.V. **Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula**. Horticultura Brasileira, v.25, n.3, p.464-470, 2007.

RAYMUNDO, V.; NEVES, M. A.; CARDOSO, M. S.N.; BREGONCI, I. S.; LIMA, J. S. S.; FONSECA, A. B. Resíduos de serragem de mármore como corretivo da acidez de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.1, p.47–53, 2013.

SANTOS, I. C. dos; CASALI, V. W. D.; MIRANDA, G. V. Teores de metais pesados de potássio e sódio no substrato após o cultivo de 10 cultivares de alface. **Revista Ceres**, p. 53-62, 1997.

SILVA, F. R da; ALBUQUERQUE, J. A.; GATIBONI, L. C.; COSTA, A da. Uso da cinza da combustão de biomassa florestal como corretivo de acidez e fertilidade de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.12, n.3, p. 304-313, 2013.

SILVA, J.K.M.; OLIVEIRA, F. de A.; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. da s.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Caatinga**, v. 21, n. 05, p. 30- 35, 2008.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ VENEGAS, V. H.; BARROS, N. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, p. 205-274, 2007.

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. G.; FIOREZE, S. Produção de rúcula e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Revista brasileira de ciências agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 230-235, abril – junho, 2011.

TEDESCO, M. J.; ZANOTTO, D. L. Utilização de resíduo alcalino da indústria de celulose na correção da acidez do solo. **Agronomia sulriograndense**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 329-336, 1978.

TRIGUEIRO, R. M. Efeitos de “*dregs*” e “*grits*” nos atributos de um Neossolo Quartzarênico e na produção volumétrica de eucalipto. 2006. 73 f. **Tese** (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

### **3. 2CAPÍTULOS**

### **3.2. EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES DA RÚCULA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE**

#### **RESUMO**

Os resíduos provenientes da indústria de celulose, por apresentar um baixo custo e uma potencialidade de melhoria das qualidades químicas do solo, vêm mostrando-se como uma boa opção para o fornecimento de nutrientes às plantas. Assim, objetivou-se no presente estudo avaliar o estado nutricional da rúcula cultivada em dois solos com classes texturais distintas: um Argissolo Amarelo textura média e um Latossolo Amarelo textura argilosa. O trabalho foi realizado no Centro Universitário do Norte do Espírito Santo, na cidade de São Mateus. Os materiais estudados foram os resíduos extraídos da celulose e papel: com sete níveis de cinza cálcio magnésio – CCM (Cinza de Biomassa; Dregs & Grits; Lama de Cal e Magnesita) e sete níveis de Humuativo. As doses de CCM e Humuativo foram combinadas segundo o modelo matricial Box Berard aumentada  $3 (2^k + 2K + 2K + 1)$  constituindo 13 tratamentos mais um tratamento com calcário dolomítico, disposto em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. O ponto central da matriz (0,0) tido como a dose padrão e referente a 100% da necessidade de calagem para CCM e  $25 \text{ t ha}^{-1}$  para Humuativo. Os resíduos da indústria de celulose exerceram uma influência positiva na exportação dos macronutrientes na matéria seca, destacando-se o K, Ca e Mg, e micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mn com respostas mais significativas

aos tratamentos, comparando com a faixa para a cultura da alface nos dois solos. Os resíduos estudados apresentaram na sua composição Cu e Ni em quantidades tóxicas às plantas, não permitindo abordar o seu uso com segurança em consumo da rúcula. Não sendo recomendados para serem usados como de corretivo da acidez do solo e como fonte de nutrientes para a cultura da rúcula.

Palavras-chave: *Eruca sativa* Mill., nutrição de plantas, acidez de solo.

## **ARUGULA NUTRIENTS EXTRACTION IN RESPONSE TO WASTE APPLICATION CELLULOSE AND PAPER INDUSTRY PRODUCTS**

### **ABSTRAT**

The waste from the cellulose and paper industry have shown up as a good nutrient source option and corrective ground by presenting a low cost and potential for improvement when incorporated into the soil. This being one of the best alternatives for the treatment and disposal of such waste. The objective of this study was to determine the effect of cellulose waste as a potential source of corrective and providing nutrients such as calcium and magnesium, in arugula cultivation. The study was conducted in the Centro Universitário norte do Espírito Santo in São Mateus city. The studied materials were extracted waste from the cellulose and paper: with seven gray levels of calcium magnesium - CCM (Biomass ash; Dregs & Grits; mud Cal and Magnesita) and seven levels of Humuativo. Doses of CCM and Humuativo were combined according to the matrix model Box Berard increased 3 ( $2k + 2K + 2k + 1$ ) constituting 13 treatments over a course of dolomitic limestone, arranged in a completely randomized design (CRD), with three replications. The central point of the matrix (0.0) considered the standard dose and referring to 100% of lime requirement for CCM and 25 t ha<sup>-1</sup> for Humuativo waste from the cellulose industry exerted a positive influence on the export of macronutrients in the matter dry, highlighting the K, Ca and Mg, and micronutrients Cu, Zn, Fe and Mn with the most significant responses to treatment, compared to the range for the lettuce crop in both soils. The studied residues present in your Cu and Ni composition in toxic amounts to plants, preventing their use to address safely in consumption of arugula. It is not recommended to be used as corrective of soil acidity and as a source of nutrients for growing arugula.

Keywords: *Eruca sativa* Mill., plant nutrition, soil acidity.

## INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça originária da região mediterrânea, conhecida desde a antiguidade e que vem conquistando grande espaço no mercado das hortaliças, tendo grande aceitação mundial (ARAÚJO *et al.*, 2014).

No Brasil, seu consumo é maior nas regiões sul e sudeste, onde teve uma intensa colonização italiana, porém vem crescendo também seu consumo em outras regiões (MAIA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2008; SILVA, 2012).

O caráter intensivo da exploração de hortaliças predispõe o solo a consideráveis perdas de matéria orgânica e nutrientes. O cultivo de espécies olerícolas de crescimento rápido e alto valor comercial tem justificado a aplicação de elevada quantidade de fertilizantes minerais sintéticos, principalmente os nitrogenados (NEGREIRO *et al.*, 2014).

A designação de metais pesados abrange tanto os micronutrientes essenciais, indispensáveis para o desenvolvimento normal da planta, quanto os metais pesados não essenciais, que podem encontrar-se presentes em seres vivos sem qualquer função específica ou conhecida (MARTINS & MOURATO, 2008)

Existem metais pesados que são nutrientes essenciais para as plantas, tal como o cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn), níquel (Ni) e boro (B), e outros que não são essenciais e aparecem na natureza como poluentes (tóxicos), como é o caso do cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) (MOURATO *et al.*, 2012).

Muitos contaminantes podem permanecer no ambiente durante um longo período de tempo, acumulando-se a níveis considerados prejudiciais para o ser humano. Um dos grandes problemas que o mundo industrializado enfrenta está relacionado com a contaminação dos solos, sedimentos e água com químicos tóxicos (GRATÃO *et al.*, 2005).

A biodisponibilidade dos metais pesados vai depender de várias características do solo, como o pH, o teor de matéria orgânica e de argila, a capacidade de troca catiónica, a força iônica, o potencial redox, a textura e a flora microbiana (MARTINS & MOURATO, 2008).

Atualmente há um forte interesse na utilização de resíduos industriais



como matéria-prima para novos produtos, a fim de atender a demanda do mercado e fornecer opções tecnológicas ambientalmente sustentáveis (ANTUNES BOCA SANTA *et al.*, 2014).

Para cada 100 t de celulose produzida são gerados em torno de 48 t de resíduos nas fábricas de papel e celulose (ARRUDA *et al.*, 2011). Para converter a madeira em polpa celulósica, existem diferentes processos na indústria, sendo o principal o químico, normalmente chamado processo Kraft. A partir do processo Kraft são gerados, como resíduos, a lama de cal, dregs/grits e as cinzas (MACIEL *et al.*, 2015).

No Brasil, por causa do acúmulo e descarte inadequado dos resíduos florestais e agrícolas ocorrem vários problemas ambientais relacionados à contaminação dos solos, pois os mesmos são queimados ou dispostos em aterros inadequados trazendo o desprendimento de chorume provocando prejuízos ao ambiente, principalmente nos córregos, rios e mananciais (SAITER, 2008).

Desta forma surge necessidade de investigação para a busca de soluções alternativas para o uso de resíduos provenientes da produção de papel e celulose que possibilitem seu aproveitamento e reduza o impacto ambiental.

Assim, estudos realizados demonstram que tal sistema promove mudanças nos atributos, físicos e químicos do solo, melhorando sua fertilidade, em relação ao sistema convencional (SANTOS *et al.*, 2015).

Na análise de viabilidade do uso dos subprodutos da fabricação de papel e celulose como insumo, além de aspectos técnicos e econômicos a serem abordados, a presença de contaminantes potencialmente perigosos, tais como metais são fundamentais.

A determinação dos requerimentos nutricionais e a diagnose nutricional das plantas são baseadas na expectativa de que haja estreita correlação entre a disponibilidade do nutriente no solo, o teor do elemento na folha e a produção (Malavolta *et al.*, 1997). Assim, os valores de níveis críticos na parte aérea das plantas, mais propriamente nas folhas, são amplamente utilizados como padrões na interpretação dos resultados de análises foliares (NEVES *et al.*, 2008).

Desta maneira, objetivou-se no presente estudo avaliar o estado nutricional de plantas, em dois solos com classes texturais distintas: um solo Argissolo Amarelo textura média e um Latossolo Amarelo textura argilosa,

corrigidos com uso de resíduo alcalino da indústria de papel e celulose no cultivo da rúcula (*eruca sativa*), em ambiente controlado.

## MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus CEUNES, município de São Mateus, região Norte de Espírito Santo. O local situa-se a uma altitude aproximada de 39 m, com coordenadas geográficas latitude 18° 43' S, longitude 39° 51' S W. O clima predominante na região segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw (clima tropical semi-umido), com temperatura média anual de 24 °C, variando entre 21°C e 32°C no verão, e 17°C e 28° no inverno, com precipitação anual média de 1.432,8 mm.

Foram utilizadas amostras superficiais (0-20 cm) de dois solos com classes texturais distintas, um Argissolo Amarelo distrófico de textura média (PA) e de um Latossolo Amarelo distrófico de textura argilosa (LA), coletados na região norte do Estado do Espírito Santo. Os solos foram secos ao ar, destorroados e passados em peneira com malha de 2 mm, para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), em seguida foi realizada a caracterização química e física dos solos (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1. Caracterização química das amostras do Argissolo Amarelo de textura média (PA), do Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA).

	pH	P	K	Na	MOS	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	V
		---mg	dm <sup>-3</sup> ---		dag kg <sup>-1</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						-----%----
<b>PA</b>	4,7	1,2	16,0	7,0	2,1	0,4	0,2	1,0	5,8	0,7	1,7	6,5	10,3	60,0
<b>LA</b>	4,6	0,4	13,5	5,0	0,9	0,2	0,3	1,3	5,2	0,6	1,9	5,8	10,9	66,2

MOS – Matéria orgânica do solo; H+Al – acidez potencial; t – CTC efetiva; T – CTC potencial; V – Saturação por bases; m – saturação por alumínio.

TABELA 2. Caracterização física das amostras do Argissolo Amarelo de textura média (PA), do Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA).

	AG	AF	Silte	Argila	DS	DP	VTP
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				-----g cm <sup>-3</sup> -----		---%---
<b>PA</b>	753	131	10	106	1,44	2,54	41,3
<b>LA</b>	370	115	19	496	1,07	2,54	55,2

AG- Areia Grossa; AF – Areia Fina; Ds – Densidade do solo; Dp – Densidade de partículas; VTP – Volume Total de Poros.

O solo coletado foi passado em peneiras de 2 mm, acondicionados em sacos plásticos onde realizou-se a aplicação do corretivo conforme as doses estabelecidas diante da necessidade de calagem, obtida pelo método da

saturação por bases (PREZOTTI *et al.*, 2007).

Em seguida adicionou-se água deionizada às amostras de solo até atingir 60% do Volume Total de Poros (VTP), segundo Freire *et al.*, (1980). Após a homogeneização os solos ficaram incubados pelo período de 30 dias, para promover a reação do material corretivo. Os sacos plásticos ficaram fechados a maior parte do tempo para evitar perda de umidade, abertos diariamente somente para liberação do CO<sub>2</sub>.

Após o período de incubação, os solos foram novamente destorroados, peneirados e acondicionados em vasos com capacidade de 5 dm<sup>3</sup>, recebendo em todas as parcelas experimentais 150 mg kg<sup>-1</sup> de K; 100 mg kg<sup>-1</sup> de N; 40 mg kg<sup>-1</sup> S; 0,81 mg kg<sup>-1</sup> de B; 1,33 mg kg<sup>-1</sup> Cu; 1,55 mg kg<sup>-1</sup> Fe; 3,66 mg kg<sup>-1</sup> Mn; 0,15 mg kg<sup>-1</sup> Mo e 4,0 mg kg<sup>-1</sup> Zn nas formas de sais solúveis (reagentes P.A.), conforme Oliveira *et al.* (1991), com exceção o N que foi na forma de ureia, com duas aplicações, uma no transplante e outra aos 15 dias. O Argissolo Amarelo distrófico textura média recebeu 75 mg kg<sup>-1</sup> de P e o Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa recebeu o 150 mg kg<sup>-1</sup> de P, devido ao poder tampão de P diferenciado nos dois solos em questão.

Os materiais utilizados como corretivos da acidez do solo foram os resíduos extraídos da indústria de celulose e papel com sete níveis de cinza cálcio magnésio – CCM (Cinza de Biomassa; Dregs & Grits; Lama de Cal e Magnesita) e sete níveis de Humuativo, com caracterização física e química apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização físico e química do CCM e Humuativo adicionados aos solos.

Produto	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PN	ER	PRNT
	----- dag kg <sup>-1</sup> -----					----- % -----		
CCM	22,20	14,11	0,68	1,92	0,001	80,5	71,84	55,8
Humuativo	0,61	1,43	0,42	1,94	0,06	--	--	--

CCM – Cinza Cálcio Magnésio; PN – Poder neutralizante; ER – Eficiência relativa; PRNT – Poder Relativo de Neutralização Total.

Os níveis de CCM foram calculados com base na necessidade de calagem para correção da acidez do solo e para atender a demanda da cultura por Ca e Mg de acordo com Prezotti *et al.*, (2007), sendo está definida como o nível recomendado. As doses de CCM e Humuativo foram combinadas segundo

o modelo matricial Box Berard aumentada 3 ( $2^k+2K+2K+1$ ) modificado por Leite (1984), constituindo 13 tratamentos (Tabela 4) mais um tratamento com calcário dolomítico, disposto em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. O ponto central da matriz (0,0) tido como a dose padrão e referente a 100% da necessidade de calagem para CCM e 25 t ha<sup>-1</sup> para Humuativo.

TABELA 4. Tratamentos codificados e as doses reais da matriz experimental Box-Berard aumentada 3 para os tratamentos.

Tratamento	CCM codificado	NC (%)	Humuativo codificado	HUM (%)	CCM		Humuativo
					----- t ha <sup>-1</sup> -----		PA/LA
					PA	LA	
1	*	*	*	*	*	*	*
2	0	100	0	100	6,71	5,93	25
3	-1	0	-1	0	0	0	0
4	-1	0	1	200	0	0	50
5	1	200	-1	0	13,42	11,86	0
6	1	200	1	200	13,42	11,86	50
7	-1,5	50	0	100	3,36	2,97	25
8	1,5	250	0	100	16,78	14,83	25
9	0	100	-1,5	50	6,71	5,93	12,5
10	0	100	1,5	250	6,71	5,93	62,5
11	-1,8	20	-1	0	1,34	1,19	0
12	-1	0	-1,8	20	0	0	5
13	1,8	280	1	200	18,79	16,6	50
14	1	200	1,8	280	13,42	11,86	70

\*Tratamento com calcário dolomítico (3,5 t ha<sup>-1</sup> LA e 4,04 t ha<sup>-1</sup>PA). CCM - Cinza Cálcio Magnésio; PA - Argissolo Amarelo distrófico textura média; LA - Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa.

As mudas de rúcula da cultivar Rococó (*Eruca Sativa*) foram produzidas em bandejas de poliestireno de 128 células contendo substrato da marca BIOPLANT. Com 25 dias após a semeadura, com a formação de quatro folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 5 dm<sup>3</sup>, contendo duas mudas por vaso.

A irrigação foi realizada diariamente com água deionizada, mantendo-se a umidade constante para todos os vasos por meio de pesagens. A adubação de cobertura foi realizada aos 15 dias após o transplante.

Após 30 dias de cultivo nos vasos as plantas foram coletadas. Antes da colheita, foram medidas a altura e largura das plantas utilizando-se régua graduada em centímetros. A colheita consistiu no corte das folhas dois centímetros de altura acima do coleto. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa à temperatura média de 60° até atingirem massa

constante.

Com o objetivo de avaliar o teor de nutrientes nas folhas de rúcula, os tecidos vegetais foram levados para o laboratório e após determinação da matéria seca as folhas foram moídas em moinho de faca tipo Willey. Após a moagem, as amostras de cada unidade experimental foram conduzidas para determinação dos teores dos nutrientes (EMBRAPA, 2009)

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Dunnett ou Tukey a 5%, conforme a necessidade, utilizando-se o programa Genes (CRUZ, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Latossolo Amarelo

É necessário enfatizar para as análises do Latossolo Amarelo, que devido ao pequeno crescimento e morte das plantas, os tratamentos T9 e o T14 (controle) não foram incluídos na análise estatística.

As concentrações dos nutrientes N, Ca, Mg, K, Na, Mn, Fe, Zn, Ni, Cd, Pb, P e Cr nas folhas de rúcula (*Eruca sativa*), em função da aplicação das doses combinadas CCM X Humoativo, no Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa (LA) e no Argissolo Amarelo distrófico textura média (PA), estão na Tabela 5 e 6.

O teor de nitrogênio (N) foliar no Latossolo Amarelo (LA), mostrou diferença significativa entre o tratamento T10 e as testemunhas, os demais tratamentos não foram significativos. O T10 obteve valores de 5,3 dag Kg<sup>-1</sup>, valor maior que os das testemunhas. Valores assim foram encontrados por Purquerio, (2005), trabalhando com rúcula em ambiente protegido testando doses de nitrogênio e espaçamento, encontrou valores de 5,1 dag Kg<sup>-1</sup>. O mesmo autor ainda afirma que na literatura não existe uma faixa definida como adequada de teores de nutrientes na parte aérea da planta da rúcula, que possa esclarecer se os teores observados no presente trabalho sendo suficientes ou não.

O nitrogênio é de grande importância para a adubação da rúcula, por ser uma hortaliça folhosa, o nutriente é fundamental no seu desenvolvimento. É o macronutriente requerido em maiores quantidades por algumas plantas. Sua manutenção em níveis adequados promove o vigor, qualidade visual entre outros benefícios (SILVA *et al.*, 2015). As respostas mais evidentes nas plantas é o aumento no crescimento da parte aérea e na intensidade da coloração verde das folhas, além de um ganho no crescimento de raízes e produção. No entanto, o excesso de nitrogênio disponível pode causar redução nas características visuais e produtivas, tais como número de folhas e massa fresca e seca das plantas (AGUIAR JUNIOR *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos para os teores do fosforo (P), comparando com a testemunha de 100% da NC CCM, observou que nenhum dos tratamentos diferiu estatisticamente, entretanto, quando comparado com a testemunha que se utilizou calcário, notou-se diferença com o tratamento T1. Os valores do T1 foi

de 0,3 dag Kg<sup>-1</sup> de P com 0 de CCM e 50 t ha<sup>-1</sup> de Humoativo, esse valor foi maior que quando aplicado calcário, mostrando potencialidade dos subprodutos da indústria de papel e celulose. Resultados contrários podem ser observados no trabalho de Silva *et al.*, 2013, onde testando o efeito da aplicação de cinza de biomassa florestal como corretivo da acidez e fertilizante do solo, comparando-a com os efeitos do calcário dolomítico, em Cambissolos Húmico cultivado com *Eucalyptus dunni*cinza, observaram efeito positivo da adição de calcário sobre a concentração de P no tecido foliar.

O potássio age como catalisador de algumas reações enzimáticas, e está envolvido com a turgidez das células, abertura e fechamento dos estomas, e no processo de síntese, acumulação e transporte de hidratos de carbono (CARRIJO *et al.*, 2004). O teor do elemento potássio (K<sup>+</sup>), não diferiu estatisticamente em relação as testemunhas. No enteando, pode-se observar maiores medias nos tratamentos T1 e T8, observando que esses tratamentos receberam as menores doses de CCM. Logo, os valores de potássio presentes na analises foliar são oriundos do resultado da adubação de base, onde foi adicionado ao solo certa de 150 mg Kg<sup>-1</sup> de K. Os sintomas visíveis de deficiência mais comuns são a clorose das folhas, seguida de necrose das pontas e margens (Malavolta, 1980). Entretanto, tais sintomas não foram detectados na presente pesquisa.

O teor de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) no tecido foliar das plantas de rúcula cultivadas no Latossolo Amarelo de textura argilosa com a utilização dos subprodutos, comparando com a testemunha (calcário e 100% NC dos subprodutos), não observou diferença estatística, sendo a média igual a 3,0 dag.Kg<sup>-1</sup> (Tabela 5). Avaliando a produção de alface com doses de lodo de esgoto Lopes *et al.*, 2005, encontraram valores de cálcio de 1,9 mg Kg<sup>-1</sup>, considerando-os adequados para o cultivo de hortaliças segundo Magalhães, (1988) citados pelos mesmos. O cálcio é absorvido em grandes quantidades pela maioria das hortaliças, responsável pelo bom desenvolvimento radicular e fortalecimento da parede celular (CARRIJO *et al.*, 2004).

Para o teor de magnésio (Mg<sup>2+</sup>) no tecido foliar, comparando os tratamentos com a Testemunha, observa-se que não houve diferença. Tanto os subprodutos quanto o calcário foram eficientes em fornecer magnésio as plantas. Assim, mostra que os subprodutos têm potencialidade para ser usado como fonte de magnésio para as plantas de rúcula. Os valores variaram entre 0,4 e 0,6



dag Kg<sup>-1</sup>. Blanco *et al.*, 1993, testando cinza vegetal como corretivo do solo e fonte de nutrientes para a cultura da alface, constataram que além do efeito positivo como corretivo do solo é uma fonte de magnésio para a cultura da alface, fornecendo cerca de 0,2 a 0,3% de Mg<sup>2+</sup>. O magnésio é parte da molécula de clorofila essencial para a fotossíntese, que ajuda a ativar muitas enzimas necessárias para o crescimento das plantas, além de desempenhar um papel no transporte de P na planta (MENGEL & KIRKBY, 2004).

Considerando o teor de sódio (Na<sup>+</sup>) observa-se que apenas o tratamento 3 diferiu do tratamento 12 que representa a testemunha com calcário.

Quando avaliado o teor de Zinco (Zn) no tecido foliar, observou que, com exceção dos tratamentos T1 e T8, todos os outros não apresentaram diferença significativa quando comparados com as testemunhas. Os T1 e T8 apresentaram diferenças quando comparados com a testemunha que se utilizou calcário. Logo, não houve diferença com a testemunha que utilizou 100% da NC de CCM, podendo dizer que, os subprodutos da indústria de papel e celulose pode ser usado como fonte de Zn para as plantas de rúcula. Os Valores do T1 e T8 foram de 137 e 159mg Kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O zinco é essencial para a síntese do triptofano, que por sua vez é um precursor do AIA (ácido indol acético), o qual é um dos responsáveis pelo aumento no volume celular. Um dos sintomas da carência de zinco consiste no encurtamento dos internódios e na produção de folhas novas, pequenas, cloróticas e lanceoladas (Malavolta, 1980).

Para os teores de micronutrientes como ferro (Fe<sup>3+</sup>) e manganês (Mn<sup>2+</sup>), não observou diferenças significativas quando comparados as testemunhas com calcário e 100% da NC de CCM.

Os valores de cobre (Cu<sup>2+</sup>), com exceção do tratamento T1, não apresentaram significância quando comparados com as testemunhas. O tratamento T1 se diferiu estatisticamente da testemunha que se utilizou calcário. A maior média ocorreu no tratamento T1, 21mg Kg<sup>-1</sup> de Cu.

No que se refere à ingestão de plantas e os seus riscos toxicológicos em função dos teores de minerais, a ingestão diária recomendada (IDR) para homens adultos estabelecidos pela ANVISA (1998), para os minerais: cálcio, magnésio, zinco, ferro, manganês e cobre, são respectivamente: 800 mg, 300 mg, 15 mg, 14 mg, 5 g e 3 mg.

Os teores de metais pesados cádmio (Cd) e chumbo (Pb), não mostraram

diferença estatísticas comparando com as testemunhas.

Cadmio, chumbo e mercúrio não são considerados nutrientes vegetais, mais esses metais podem ser absorvidos pelas plantas junto ao Fe, Cu, Mn, Zn e Ni (TAN, 2000).

Para os teores de níquel (Ni), os tratamentos T2, T4, T5, T6, T7, T8, T10 e T11 foram diferente estatisticamente da testemunha que utilizou 100% da NC dos subprodutos, onde todos os tratamentos mostraram medias acima da testemunha. O T1 mostrou diferença estatística quando comparado com a testemunha calcário, o valor de sua média foi abaixo da testemunha.

O teor de cromo (Cr) no tecido foliar para os tratamentos T3, T4, T5 e T6 mostraram diferença significativa em relação as testemunhas. Já os tratamentos T2, T7, T8, T10 e T11 foram significativos apenas quando comparado com a testemunha que utilizou 100% da NC de CCM. Apenas, o tratamento T1 se diferiu da testemunha com calcário.

De acordo com a Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1988), a tolerância máxima dos contaminantes presentes nos alimentos podem chegar a 0,50, 5,0, 0,10 e 1,0 ppm para os metais pesados chumbo, níquel, cromo e cadmio.

Mesmo não possuindo recomendação para a cultura da rúcula, ao comparamos com uma hortaliça também folhosa e também exigente em adução como, por exemplo, a hortaliça alface, percebe-se que, os teores exibidos nesse trabalho de Ca, Mg, N, P e K para o Latossolo Amarelo, na maioria dos tratamentos ficaram dentro da faixa estipulada adequada para a cultura da alface, pouco foram os que oscilaram foram dessa faixa. Visualmente, as plantas apresentaram aspecto de saudáveis bem nutrida, tirando as que não sobreviveram devido à falta de calagem, levando a acreditar que mesmo não havendo uma faixa adequada para os nutrientes de rúcula ela se situa longe das estabelecidas para a alface.

TABELA 7. Valores médios de Cr (crômio), Ni (níquel), Cd (cádmio), Pb (chumbo), Cu (cobre), Mn (manganês), Fe (ferro), Zn (zinco), K (potássio), Na (sódio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), P (fosforo) dos teores foliar da rúcula no Latossolo Amarelo – LA corrigidos com subprodutos da produção de celulose

TRAT.	CCM	HUM	Cr	Ni	Cd	Pb	Cu	Mn	Fe	Zn	K	Ca	Mg	P	Na	N
			-----mg Kg-----								-----dag Kg-----					
1	0	50	13 b	9 b	2 ab	2 ab	21 b	124 ab	140 ab	137 b	5,6 ab	2,0 ab	0,5 ab	0,3 b	0,7 ab	4,1 ab
2	11,86	0	34 a	15 a	1 ab	2 ab	11 ab	95 ab	377 ab	29 ab	3,4 ab	2,3 ab	0,5 ab	0,2 ab	0,5 ab	2,3 ab
3	11,86	50	25	12 ab	2 ab	1 ab	8 ab	109 ab	221 ab	78 ab	4,9 ab	2,7 ab	0,5 ab	0,2 ab	0,8 b	3,6 ab
4	2,97	25	27	13 a	1 ab	2 ab	9 ab	129 ab	302 ab	100 ab	4,7 ab	2,7 ab	0,5 ab	0,2 ab	0,6 ab	3,2 ab
5	14,83	25	28	14 a	2 ab	1 ab	6 ab	141 ab	206 ab	64 ab	4,9 ab	3,0 ab	0,6 ab	0,3 ab	0,6 ab	3,1 ab
6	5,93	12,5	32	14 a	2 ab	2 ab	5 ab	126 ab	324 ab	55 ab	3,8 ab	3,0 ab	0,6 ab	0,2 ab	0,6 ab	2,5 ab
7	5,93	62,5	37 a	16 a	2 ab	1 ab	9 ab	88 ab	307 ab	75 ab	4,0 ab	3,5 ab	0,4 ab	0,2 ab	0,6 ab	2,9 ab
8	1,19	0	41 a	16 a	2 ab	3 ab	15 ab	191 ab	362 ab	159 b	6,2 ab	3,6 ab	0,4 ab	0,2 ab	0,4 ab	4,5 ab
9	0	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	16,6	5	39 a	14 a	2 ab	2 ab	7 ab	99 ab	234 ab	32 ab	4,6 ab	3,5 ab	0,6 ab	0,2 ab	0,7 ab	5,3
11	11,86	70	49 a	17 a	2 ab	2 ab	4 ab	65 ab	238 ab	35 ab	3,8 ab	3,7 ab	0,6 ab	0,2 ab	0,6 ab	3,1 ab
12	**	**	45 a	16 a	2 a	3 a	8 a	125 a	236 a	55 a	4,8 a	2,7 a	0,5 a	0,2 a	0,3 a	2,7 a
13	5,93	25	11 b	7 b	1 b	2 b	11 b	124 b	183 b	80 b	3,9 b	2,7 b	0,6 b	0,3 b	0,6 b	2,9 b
14	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Medias seguidas da mesma letra na coluna não se diferem entre si pelo teste de Dunnett; \*\*Tratamento com calcário dolomítico (dose: 3,5 t ha<sup>-1</sup>); \*Tratamento perdido; CCM – Cinza Cálcio Magnésio; HUM – Humoativo; Cr – cromo; Ni – níquel; Cd – cádmio; Pb – chumbo; Cu – cobre; Mn – manganês; Fe – ferro; Zn – zinco; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; P – fosforo; Na – sódio; N – nitrogênio.

## Argissolo Amarelo

Para o Argissolo Amarelo os teores de nitrogênio não mostraram diferença estatística, com exceção do tratamento T9, quando comparados com as testemunhas que utilizou calcário e 100% da NC de CCM, apenas deferiu com a testemunha que não utilizou nenhum tipo de produto, onde a média dessa testemunha foi maior que os tratamentos, cerca de  $8,1 \text{ dag Kg}^{-1}$ . Já o tratamento T9 foi estatisticamente igual a testemunha que não utilizou nenhum tipo de produto, deferindo assim das testemunhas com calcário e 100% da NC de CCM. Esse tratamento não recebeu nada de CCM e apenas  $5 \text{ t ha}^{-1}$  de Humoativo. Assim, os tratamentos que obtiveram as maiores medias foram os tratamentos que receberam as menores doses de CCM e Humoativo, e conseqüentemente, tiveram o menor valor de pH, em torno de 5,0 a 5,4. Deste modo, percebe-se que o nitrogênio é mais absorvidos pelas plantas em baixo pH. A absorção do nitrogênio é de extrema importância, pois o N é um constituinte estrutural de aminoácidos e proteínas e constituinte ou ativador de enzimas, além de participar dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e nas diferenciações celulares e herança (MALAVOLTA *et al.*, 1989).

Os resultados obtidos para o nutriente fosforo (P), os tratamentos não diferenciaram estatisticamente das testemunhas. Mesmo não possuindo recomendações específicas para a cultura da rúcula, observamos que esses valores encontrados estão baixos. Comparando com uma hortaliça folhosa como a alface, Segundo Prezotti *et al.* (2007) nota-se que enquadram na faixa abaixo da considerada boa de  $0,4$  a  $0,7 \text{ dag Kg}^{-1}$ . Observando a dificuldade de absorção do fosforo pelas plantas, pois em ambos os solos os teores de fosforo adicionados tanto pela adubação de base quanto pela adição dos subprodutos, não foram suficientes para suprir a necessidade desse nutriente na planta.

Entre os nutrientes com a maior capacidade de limitar a produtividade das plantas, o fósforo está entre eles, apesar de ser absorvido em menores quantidades que o nitrogênio e o potássio, resultando em teores mínimos em folhas (RAIJ, 1991).

Os teores de potássio nos tratamentos não se deferiram das testemunhas,

com exceção do tratamento T6, que se deferiu da testemunha que não utilizou nenhum tipo de produto. Nesse tratamento observou a menor média de magnésio no tecido foliar.

O teor de Ca no Argissolo Amarelo não teve diferença estatística quando comparado os tratamentos com as testemunhas, tirando o tratamento T2 que foi diferente estatisticamente das testemunhas com utilização do calcário e com a que não recebeu nenhum tipo de produto. O tratamento T2 teve a maior média 3,6 dag Kg<sup>-1</sup>. O tratamento T2 não teve diferença estatisticamente da testemunha com CCM e obteve a maior média frente ao calcário dolomítico, assim, os subprodutos das indústrias de papel e celulose tem potencial para ser usado como fonte de cálcio as plantas.

O elemento Magnésio no Argissolo Amarelo não apresentou diferença estatística nos tratamentos T1, T8 e T9 quando comparados com as testemunhas tendo também as menores medias. Já os outros tratamentos (T2, T3, T4, T5, T6, T7, T10 e T11) deferiram estatisticamente da testemunha onde não utilizou nenhum tipo de produto.

Para o sódio (Na<sup>+</sup>) apenas o tratamento 2 diferiu do tratamento 12, apresentando mais que o dobro da concentração de sódio em relação ao tratamento tradicional com uso de calcário (Tabela 6).

Os teores de zinco apresentados no tecido foliar, dentre todos os tratamentos apenas o tratamento T9 se diferiu da testemunha em que se utilizou calcário e 100% da NC de CCM. Esse tratamento obteve a maior média 174 mg Kg<sup>-1</sup>. Levando em consideração que o zinco é um metal, altos valores não são desejáveis. Se for considerado o intervalo de 15- 50 mg kg<sup>-1</sup>, proposto por Malavolta *et al.* (1989), os teores obtidos nos tratamentos com os subprodutos das indústrias de papel e celulose se encontram bem acima dessa faixa. Isto sugere que plantas de rúcula cultivado em solos tratados com os subprodutos, podem apresentar problemas relacionados com fitotoxicidade. Os tratamentos T8 e T9 tiveram as maiores medias, ambos com uma acidez alta (pH 5,0 e 5,3). Corroborando com Moro *et al.*, 2013, onde os teores de zinco na parte aérea do arroz foram influenciados pela acidez do solo. Os maiores valores médios foram observados quando acidez do solo foi alta (pH 4,5).

A quantidade de ferro encontrada no teor foliar das plantas de rúculas não diferiu estatisticamente em nenhum dos tratamentos avaliados. O tratamento T9

teve a maior média (pH 5,3), esse tratamento não recebeu nenhuma dose de CCM e apenas 5 t ha<sup>-1</sup> de Humoativo, ou seja, nenhum produto para correção da acidez do solo foi utilizado. Isso mostra que em solos mais ácidos os micronutrientes ficam mais disponíveis a absorção às plantas.

Os teores dos micronutrientes (Cu, Mn, Fe e Zn) no tecido foliar das plantas de rúcula foram influenciados pela acidez do solo, como apresentado nos tratamentos T8 e T9, onde não receberam ou receberam quantidades mínimas de corretivos. Nesses foram encontrados os maiores valores quando a acidez foi mais alta (pH 5,0 a 5,3).

Para o teor de manganês, apenas o tratamento T9 diferenciou da testemunha que não utilizou nenhum tipo de produto para correção da acidez do solo. Esse tratamento obteve também a maior média dentre os tratamentos 214 mg Kg<sup>-1</sup>. Tisdale, Nelson e Beaton (1985) relataram que o aumento de uma unidade no valor do pH diminuiu em cerca de 100 vezes a disponibilidade de Mn no solo. Estes dados justificam a redução de manganês na parte aérea da rúcula com o aumento do pH. Entretanto, sua presença é de suma importância, uma vez que o Mn está presente na clorofila e participa do metabolismo energético respiratório, com isso, está ligado ao crescimento e desenvolvimento iniciais das plantas (VIEIRA *et al.*, 2014).

O teor de cobre segue uma tendência nos tratamentos, com exceção do tratamento T9 onde a média chega 201 mg Kg<sup>-1</sup>. Esse valor, deve ao motivo desse tratamento ter passado por uma aplicação de calda bordalesa para o controle da pinta preta, onde o produto principal é o sulfato de cobre, por esse motivo esse tratamento apresentou alto teor de cobre, mesmo as folhas de rúcula tendo passado por uma limpeza antes de ser encaminhadas as análises químicas. Todos os outros tratamentos foram estatisticamente diferentes da testemunha que não utilizou nenhum tipo de produto. Anjos *et al.* (2000) trabalhando com plantas de milho sobre aplicação repetidamente com biossólido encontraram 6-20 mg Kg<sup>-1</sup> de cobre, que segundo relatado por Malavolta *et al.* (1989) e Raij *et al.* (1996) se enquadram dentro da faixa adequada.

Para os metais pesados, cádmio e níquel ambos não mostraram diferenças significativas quando comparados as testemunhas.

TABELA 8. Valores médios de Cr (crômio), Ni (níquel), Cd (cádmio), Pb (chumbo), Cu (cobre), Mn (manganês), Fe (ferro), Zn (zinco), K (potássio), Na (sódio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), P (fosforo) dos teores foliar da rúcula no Argissolo Amarelo – PA corrigidos com subprodutos da produção de celulose.

TRAT.	CCM	HUM	Cr	Ni	Cd	Pb	Cu	Mn	Fe	Zn	K	Ca	Mg	P	Na	N
			-----Mg Kg-----							-----Dag Kg-----						
1	0	50	41 abc	13 abc	2 abc	3 ab	6 ab	102 abc	131 abc	95 abc	5,6 abc	1,6 abc	0,4 abc	0,1 abc	0,7 abc	4,1 ab
2	13,42	0	47 abc	16 abc	2 abc	3 ab	8 ab	113 abc	153 abc	58 abc	6,4 abc	3,6 b	0,6 ab	0,1 abc	0,8 bc	3,1 ab
3	13,42	50	42 abc	14 abc	2 abc	4 ab	8 ab	112 abc	111 abc	47 abc	3,6 abc	2,3 abc	0,6 ab	0,1 abc	0,4 abc	2,8 ab
4	3,36	25	57 bc	20 abc	1 abc	3 ab	9 ab	118 abc	192 abc	52 abc	3,7 abc	2,1 abc	0,5 ab	0,1 abc	0,4 abc	2,6 ab
5	16,78	25	43 abc	15 abc	2 abc	3 ab	6 ab	91 abc	117 abc	26 abc	3,6 abc	2,1 abc	0,6 ab	0,1 abc	0,6 abc	2,9 ab
6	6,71	12,5	37 abc	13 abc	2 abc	3 ab	3 ab	125 abc	101 abc	50 abc	3,1 ab	2,0 abc	0,6 ab	0,1 abc	0,6 abc	3,4 ab
7	6,71	62,5	43 abc	17 abc	2 abc	4 ab	14 ab	111 abc	187 abc	60 abc	4,3 abc	2,6 abc	0,6 ab	0,1 abc	0,6 abc	3,7 ab
8	1,34	0	39 abc	14 abc	2 abc	4 a	43 ab	134 abc	147 abc	108 abc	5,7 abc	1,6 abc	0,5 abc	0,1 abc	0,5 abc	4,6 ab
9	0	5	40 abc	14 abc	2 abc	3 ab	201 c	152 bc	214 abc	174 c	7,0 abc	1,4 abc	0,4 abc	0,2 abc	0,6 abc	5,9 c
10	18,79	5	36 abc	16 abc	2 abc	4 a	13 ab	80 abc	109 abc	26 abc	5,7 abc	2,3 abc	0,7 ab	0,1 abc	0,7 abc	3,5 ab
11	13,42	70	35 abc	14 abc	2 abc	4 a	5 ab	104 abc	107 abc	38 abc	4,4 abc	2,7 abc	0,7 ab	0,1 abc	0,7 abc	3,2 ab
12	**	**	36 a	14 a	2 a	4 a	3 a	93 a	114 a	45 a	3,87 a	1,78 a	0,5 a	0,1 a	0,3 a	2,52 a
13	6,71	25	47 b	18 b	2 b	2 b	13 b	119 b	144 b	44 b	3,8 b	2,5 b	0,6 b	0,1 b	0,5 b	2,9 b
14	0	0	41 c	14 c	2 c	1 c	1262 c	105 c	148 c	100 c	7,1 c	1,4 c	0,3 c	0,2 c	0,6 c	8,1 c

Medias seguidas da mesma letra na coluna não se diferem entre si pelo teste de Dunnett; \*\*Tratamento com calcário dolomítico (dose: 4,0 t ha<sup>-1</sup>); CCM – Cinza Cálcio Magnésio; HUM – Humoativo; Cr – cromo; Ni – níquel; Cd – cádmio; Pb – chumbo; Cu – cobre; Mn – manganês; Fe – ferro; Zn – zinco; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; P – fosforo; Na – sódio; N – nitrogênio.

Já para o chumbo, os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T9 não mostraram diferença estatística das testemunhas com calcário e 100% de NC de CCM, os valores variaram de 3 a 4 mg Kg<sup>-1</sup>. Os tratamentos T8, T10 e T11 foram diferentes estatisticamente diferente as testemunhas com 100% de NC de CCM e da testemunha com nenhum tipo de produto. Como é um elemento de baixa solubilidade e mobilidade, sua absorção pelas plantas é reduzida, embora o Pb permaneça no ambiente por um longo período de tempo (DAVIES, 1990).

O metal cromo não mostrou diferença estatística quando comparados com as testemunhas, com exceção do tratamento T4 que foi diferente estatisticamente da testemunha com calcário.

As recomendações de adubação para a cultura da rúcula têm se baseado em culturas de famílias e espécies distintas. Também, não existe recomendação diferenciada entre os sistemas de produção em campo e em ambiente protegido, bem como entre as estações do ano (PURQUERIO, 2005).

Mesmo não possuindo recomendação própria para a cultura da rúcula, comparamos com uma hortaliça também folhosa e também exigente em adução como, por exemplo, a hortaliça alface. Os teores exibidos nesse trabalho de Ca, Mg, N, P e K para o Argissolo Amarelo, na maioria dos tratamentos ficaram dentro da faixa estipulada adequada para a cultura da alface, pouco foram os que oscilaram fora dessa faixa. Visualmente, todas as plantas apresentaram aspecto de saudáveis bem nutrida, levando a acreditar que mesmo não havendo uma faixa adequada para os nutrientes de rúcula, não se situa longe das estabelecidas para a alface.

Na Tabela 7 encontra-se a média geral dos nutrientes encontrados no tecido foliar das plantas de rúcula.



Tabela 7- Comportamentos dos valores médios dos atributos de Cr (crômio), Ni (níquel), Cd (cádmio), Pb (chumbo), Cu (cobre), Mn (manganês), Fe (ferro), Zn (zinco), K (potássio), Na (sódio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), P (fosforo) nas folhas de rúcula dos solos LA e PA.

	Cr	Ni	Cd	Pb	Cu	Mn	Fe	Zn	K	Ca	Mg	P	Na	N
	-----Mg Kg <sup>-1</sup> -----							-----Dag Kg <sup>-1</sup> -----						
LA	32,2b	14,0b	2,3a	2,5b	90,1b	118,5a	261,5a	75,5a	4,6b	3,0a	0,5a	0,2a	0,6a	3,1b
PA	42,4a	15,7a	2,3a	3,9a	114,4a	111,8b	141,5b	66,3b	4,8a	2,1b	0,5a	0,1b	0,6a	3,8a

Medias seguida da mesma letra na coluna não se diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; LA – Latossolo Amarelo; PA – Latossolo Amarelo; cm – centímetros; g – gramas.

No solo Argissolo Amarelo a maioria dos teores foram maiores quando comparados com o Latossolo Amarelo, principalmente os teores de metais pesados. Dados esses que vão contra a afirmação de Silva (2009), que sugere que a marcha de absorção dos metais depende do poder tampão dos solos, quanto menor o poder tampão ou fator capacidade, maior será a exportação destes elementos. Porém Silva *et al.* (2003), assegura que os solos mais tamponados resistem mais às perdas de metais em razão da sua adsorção iônica se achar diretamente relacionada com o maior teor de argila. Entretanto, mesmo esse solo possuindo o menor teor de argila, se mostrou com um poder tampão maior que o Latossolo Amarelo.

O elemento na fase solúvel do solo, mesmo sobre acidez em pH de 6 e 7, comum em ambientes que tiveram a acidez corrigida por calcário, fica disponível às raízes das plantas. O efeito tampão da grande maioria dos solos brasileiros, qual seja a prevalência de pH em torno de 4,5, solubiliza também o Cd<sup>2+</sup> adsorvido, concentrando mais ainda a solução do solo não só em Cd<sup>2+</sup> mais também em Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Co<sup>3+</sup>, etc (Cannatan, 2011).

Independentemente do tipo de solo as plantas que se desenvolveram nos tratamentos que se utilizou os subprodutos das indústrias de papel e celulose, apresentaram altos valores de metais pesados.

Segundo Bowen, (1979) citado por Cannata, (2011) as concentrações de metais pesados em plantas para serem considerado normal devem estar dentro da faixa 0,1- 2,4, 0,2 – 20, 5 – 20, 0,02 – 5 e 1 – 400 para cádmio, chumbo,

cobre, níquel e zinco, respectivamente. Todavia, os teores presentes aqui para os metais cobre e níquel se encontram fora dessa faixa mencionada, já os outros como cádmio, chumbo e zinco estão de acordo com as concentrações estabelecidas por Bowen.

Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1988), a tolerância máxima dos contaminantes presentes nos alimentos podem chegar a 0,50, 5,0, 0,10 e 1,0 ppm para os metais pesados chumbo, níquel, cromo e cádmio.

Diante disso, o uso dos resíduos da indústria de celulose, quando usados em solos para cultivos de rúcula, mesmo em níveis baixos ao que seria normalmente aferido pelos métodos de recomendação de corretivos da acidez do solo, eleva as concentrações de metais pesados na parte da planta utilizada para o consumo humano.

## CONCLUSÕES

Os resíduos da indústria de celulose exerceram uma influência positiva na exportação para as folhas dos macronutrientes e micronutrientes essenciais.

As folhas de rúcula apresentaram em sua composição chumbo, níquel, cromo e cádmio em quantidades tóxicas às plantas, não permitindo abordar o seu uso com segurança em consumo da rúcula.

Sugere-se estudos mais profundos sobre o comportamento dos macros, micronutrientes e dos metais pesados na cultura da rúcula e nas classes de solos estudadas.

## REFERENCIAS

AGUIAR JUNIOR, R. A.; GUISTEM, J. M.; SILVA, A. G. P.; FIGUEIREDO, R. T.; CHAVES, A. M.; PAIVA, J. B. P.; SANTOS, F. N. Interferência de doses de nitrogênio na produção de área foliar, biomassa fresca e seca de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 28, 2010.

ANJOS, A. R. M. dos; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em latossolos repetidamente tratados com biossólido. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.769-776, outubro/dezembro. 2000.

ANTUNES BOCA SANTA, R. A.; NONES, J.; RIELLA, H. G.; KUHNEN, N. V. Desenvolvimento de geopolímeros a partir de cinzas pesadas por ativação alcalina. In: **XX Congresso Brasileiro de engenharia Química**, Florianópolis, 2014.

ANVISA 1998 - **Secretaria de Vigilância Sanitária**, recommended dietary allowances (RDA), ingestão diária recomendada (IDR) de vitaminas, minerais e proteínas. Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção I-E, p, 5, jan, 1998.

ARAUJO, M. L.; OLIVEIRA, S. S.; SOUZA, J. L. B.; ABREU, M. G. P. de; MELHORANÇA FILHO, A. L. Avaliação do efeito do estresse salino sobre o desenvolvimento inicial da rúcula. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n.1, p.01-08, Jan-jun. 2014.

ARRUDA, O. G de; TARSITANO, M. A. A.; ALVES, M. C.; GIACOMO, R. G. Comparação de custos de implantação de eucalipto com resíduo celulósico em substituição ao fertilizante mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.5, p. 576-583, set/out, 2011.

BLANCO, M. R. D. V.; ZAMBON, N. F. R. A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura de alface. **Horticultura brasileira** v.11(1), maio, 1993.

CANNATA, M. G. Efeitos de cádmio e chumbo no desenvolvimento da rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativa* L.) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solução nutritiva. **Tese (doutorado)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CARRIJO, D. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de Hortaliças**. Embrapa, Circular Técnica, 13pp.2004.

DAVIES, B.E. Lead. In: B.J. ALLOWAY (ed.) Heavy Metals in Soils. John Wiley and Sons, New York, p. 177-196. 1990.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, p. 627, 2009.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 5-8, 1980

GRATÃO, P.L.; POLLE, A.; LEA, P.J.; AZEVEDO, R.A. Making the life of heavy metal stressed plants a little easier. *Funct Plant Biol* 32: 481-494, 2005.

LEITE, R. A. - Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo do equilíbrio fósforo-enxofre na cultura de soja em amostras de dois Latossolos de Minas Gerais. **Tese de Mestrado**, Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p. 87, 1984

LOPES, J.C.; RIBEIRO, L.G.; ARAÚJO, M.G.; BERALDO, M.R.B.S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.143-147, janeiro/março, 2005.

MACIEL, T. M. S.; ALVES, M. C.; SILVA, F. C. Atributos químicos da solução e do solo após aplicação de resíduo da extração de celulose. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.84–90, 2015.

MAIA, A. F. C. de A.; MEDEIROS, D. C. de; FILHO, J. L. Adubação orgânica em diferentes substratos na produção de mudas de rúcula. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 89-95, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C & OLIVEIRA AS. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**, 2 ed. PiracicabaSP, POTAFOS. 319p., 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Patafo, p. 201, 1989.

MARTINS, L.; MOURATO, M. (2008). Alterações no metabolismo de plantas em meios contaminados por metais pesados: stresse oxidativo. *Revista Agros*, 2008.

MENGEL, K. & KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Springer-Verlag, New York, NY. In: González-Ponce, R., Esther G., López-de-Sa, E. G., Plaza, C. (2009). Lettuce Response to Phosphorus Fertilization with Struvite Recovered from Municipal Wastewater. **Hortscience**. 44 (2): 426-43, 2004.

MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; CANTARELLA, H.; NASCENTE, A. S.; MORO, A. L.; BROETTO, F. Acidez do solo afetando concentração de micronutrientes, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade em plantas de arroz de terras altas. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3397-3410, 2013.

MOURATO, M.; REIS, R.; MARTINS, L. L. Characterization of Plant Antioxidative System in Response to Abiotic Stresses: A Focus on Heavy Metal Toxicity.

Capítulo 2 em *Advances in Selected Plant Physiology Aspects*. Ed. Giuseppe Montanaro and Bartolomeo Dichio, Lisbon, Portugal. p. 388, 2012.

NEGREIROS, A. M. P.; LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; ALMEIDA, A. M. B.; OLIVEIRA, J. D. de. Eficiência agroeconômica do esterco bovino em cultivo sucessivo de rúcula. **Revista Verde**, Pombal, v 9. , n. 4, p. 102 - 105, out/dez, 2014.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. de; FERREIRA, E. V. de O.; ASSIS, R. P. de. Nutrição mineral, crescimento e níveis críticos foliares de cálcio e magnésio em mudas de umbuzeiro, em função da calagem. **Revista Ceres**, nov/dez, 2008.

OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**, p.195, 1991.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo–5ª aproximação. Vitória, ES, **SEEA/INCAPER/CEDAGRO**, p. 305, 2007.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1991, 343 p.

SAITER, O. Utilização de resíduos agrícolas e florestais como fonte de energia para a secagem de grãos de *Coffea canephora* var. Conilon. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, C. F.; BÜLL, T. L. Efeito da aplicação de resíduos urbanos e industriais na cultura da aveia preta cultivada em Latossolo vermelho em sistema plantio direto. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 1, p. 66-75, jan./mar. 2015.

SHIZUTO, M. **Horticultura**. 2 ed. Campinas-SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, 321 p.

SILVA, A. O. da; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. de F. e; SANTOS, A. N. dos; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico nft utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-pe. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 114-125, janeiro-março, 2012.

SILVA, D. F. **Micronutrientes e metais pesados em fosfogesso - acúmulo, mobilidade e fator de transferência em Latossolos do Cerrado**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SILVA, E. M. B.; CLÁUDIO, A. A.; RÊGO, V. M.; SILVERIO, A. T. Características produtiva do rabanete submetido a doses de cinza vegetal. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p.421, 2015.

SILVA, F. C. da; SILVA, C. A.; BERGAMASCO, A. F.; RAMALHO, A. L. Efeito do período de incubação e de doses de composto de lixo urbano na disponibilidade de metais pesados em diferentes solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.3, p.403-412, 2003.

SILVA, F. R. da; ALBUQUERQUE, J. A.; GATIBONI, L. C.; COSTA, A. da. Uso da cinza da combustão de biomassa florestal como corretivo de acidez e fertilidade de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.12, n.3, p. 304-313, 2013.

SILVA, J. K.M. da; OLIVEIRA, F. de A. de; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. da S. de; MESQUITA, L. X. de; efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.5, p.30-35, dezembro de 2008.

TAN, K. H. **Environmental soil Science**. 2nd. Ed. New York: M. Dekker, p. 452, 2000.

TISDALE, S. I.; NELSON, W. I.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan, p. 754, 1985.

TOLEDO, F. H. S. F. de; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; DIAS, B. A. S.; VENTURIN, R, P.; MACEDO, R. L. G. Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.7, p.711–716, 2015.

VIEIRA, C. R.; WEBERB, O. L. dos S.; SCARAMUZZAB, J. F. Resíduos Orgânicos como Substrato para Produção de Mudas de Guanandi. **UNICIÊNCIAS**, v. 18, n. 2, p. 91-97, dezembro. 2014.

### **3.3 CAPÍTULOS**



### **3.3. AVALIAÇÕES BIOMETRICAS DA RÚCULA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE**

#### **RESUMO**

Os resíduos provenientes da indústria de papel e celulose vêm mostrando-se como uma boa opção de fonte de nutrientes e corretivo do solo por apresentar um baixo custo e uma potencialidade de melhoria quando incorporados ao solo. O objetivo deste trabalho foi determinar, o efeito dos resíduos da indústria de papel e celulose sobre variáveis biométricas da rúcula, em dois solos de texturas distintas. O trabalho foi realizado no Centro Universitário do Norte do Espírito Santo, na cidade de São Mateus. Os materiais estudados foram os resíduos extraídos da celulose e papel: com sete níveis de cinza cálcio magnésio – CCM (Cinza de Biomassa; Dregs & Grits; Lama de Cal e Magnesita) e sete níveis de Humuativo. As doses de CCM e Humuativo foram combinadas segundo o modelo matricial Box Berard aumentada 3 ( $2^k + 2K + 2K + 1$ ) constituindo 13 tratamentos mais um tratamento com calcário dolomítico, disposto em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. O ponto central da matriz (0,0) tido como a dose padrão e referente a 100% da necessidade de calagem para CCM e 25 t ha<sup>-1</sup> para Humuativo. Os resíduos da indústria de celulose exerceram uma influência positiva no desenvolvimento das plantas de rúculas. As variáveis das plantas de rúcula tiveram maior desenvolvimento quando cultivadas no Latossolo amarelo. A matéria fresca e seca da parte das raízes, foram maiores quando cultivadas no Argissolo Amarelo

de textura média. Tanto para o Latossolo Amarelo quanto para o Argissolo Amarelo não é recomendável dose abaixo de  $1,34 \text{ t ha}^{-1}$  do produto de CCM.

Palavras-chave: *Eruca sativa* Mill., nutrição de plantas, acidez do solo, resíduos.

## **ARUGULA BIOMETRICS EVALUATIONS IN RESPONSE TO APPLICATION OF WASTE FROM PAPER AND CELLULOSE INDUSTRY**

### **ABSTRAT**

The waste from the cellulose and paper industry have shown up as a good nutrient source option and corrective ground by presenting a low cost and potential for improvement when incorporated into the soil. The objective of this study was to determine the effect of waste from the cellulose and paper industry on aragula biometric variables in two different textures soil. The study was conducted in the Centro Universitário Norte do Espírito Santo in São Mateus city. The materials were extracted waste from the cellulose and paper industry: with seven gray levels of calcium magnesium - CCM (Biomass ash; Dregs & Grits; mud Cal and Magnesita) and seven levels of Humuativo. Doses of CCM and Humuativo were combined according to the matrix model Box Berard increased 3 ( $2k + 2K + 2k + 1$ ) constituting 13 treatments over a course of dolomitic limestone, arranged in a completely randomized design (CRD), with three repeats. The central point of the matrix (0,0) considered the standard dose and referring to 100 % of lime requirement for CCM and  $25 \text{ t ha}^{-1}$  for Humuativo waste from the cellulose industry exerted a positive influence on the development of plant arugula. The variables of arugula plants had gained momentum when grown in oxisoil. The fresh and dry weight of part of the roots were higher when grown in Ultisol media texture. So much for the Oxisol as to Udult not recommended

and dose below 1,34 t ha<sup>-1</sup> CCM product.

Keywords: *Eruca sativa* Mill., plant nutrition, soil acidity, waste.

## INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça originária da região mediterrânea, conhecida desde a antiguidade e que vem conquistando grande espaço no mercado das hortaliças, tendo grande aceitação mundial (ARAÚJO *et al.*, 2014).

A produção de hortaliças no Brasil é uma área do agronegócio que se encontra em expansão, e alguns dos motivos é o aumento da demanda e a exigência de produtos com melhor qualidade. Uma das características para a produção de hortaliças, é que esse grupo oferece uma grande diversidade de plantas, além de ser em grande parte produzida por propriedades que utilizam agricultura familiar (SHIZUTO, 1973).

No Brasil, seu consumo é maior no sul e sudeste onde teve uma intensa colonização italiana, porém vem crescendo também seu consumo em outras regiões (MAIA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2008; SILVA, 2012).

O caráter intensivo da exploração de hortaliças predispõe o solo a consideráveis perdas de matéria orgânica e nutrientes. O cultivo de espécies olerícolas de crescimento rápido, como a rúcula, e fornecedor de produtos de alto valor comercial tem justificado a aplicação de elevada quantidade de fertilizantes minerais sintéticos, principalmente os nitrogenados (NEGREIRO *et al.*, 2014).

A designação de metais pesados abrange tanto os micronutrientes essenciais, indispensáveis para o desenvolvimento normal da planta, e os metais pesados não essenciais, que podem encontrar-se presentes em seres vivos sem qualquer função específica ou conhecida (MARTINS & MOURATO, 2008)

Existem metais pesados que são nutrientes essenciais para as plantas, tal como o cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn), níquel (Ni) e boro (B), e outros são não essenciais e aparecem na natureza como poluentes (tóxicos), como é o caso do cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) (MOURATO *et al.*, 2012).

Muitos contaminantes podem permanecer no ambiente durante um longo período de tempo, acumulando-se a níveis considerados prejudiciais para o ser humano. Um dos grandes problemas que o mundo industrializado enfrenta está

relacionado com a contaminação dos solos, sedimentos e água com químicos tóxicos (GRATÃO *et al.*, 2005).

A biodisponibilidade dos metais pesados vai depender de várias características do solo, como o pH, o teor de matéria orgânica e de argila, a capacidade de troca catiónica, a força iônica, o potencial redox, a textura e a flora microbiana (MARTINS & MOURATO, 2008).

Atualmente há um forte interesse na utilização de resíduos industriais como matéria-prima para novos produtos, a fim de atender a demanda do mercado e fornecer opções tecnológicas ambientalmente sustentáveis (ANTUNES BOCA SANTA *et al.*, 2014).

Para cada 100 t de celulose produzida são gerados em torno de 48 t de resíduos nas fábricas de papel e celulose (ARRUDA *et al.*, 2011). Para converter a madeira em polpa celulósica, existem diferentes processos na indústria, sendo o principal o químico, normalmente chamado processo Kraft. A partir do processo Kraft são gerados, como resíduos, a lama de cal, dregs/grits e as cinzas (MACIEL *et al.*, 2015).

No Brasil, por causa do acúmulo e descarte inadequado dos resíduos florestais e agrícolas ocorrem vários problemas ambientais relacionados à contaminação dos solos, pois os mesmos são queimados ou dispostos em aterros inadequados trazendo o desprendimento de chorume provocando prejuízos ao ambiente, principalmente nos córregos, rios e mananciais (SAITER, 2008).

Desta forma têm surgido inúmeros trabalhos de investigação no sentido de buscar soluções alternativas para sua utilização na produção de papel e celulose que possibilitem seu aproveitamento e reduza o impacto ambiental.

Dentre os diversos experimentos realizados com resíduos oriundos das indústrias de papel e celulose, Toledo *et al.* (2015), testando em qualidade das mudas de *Eucalyptus "urograndis"* produzida em substratos contendo composto orgânico nas proporções 40:60 e 20:80 (substrato base: composto orgânico), proveniente de resíduos de fábrica de papel e celulose, mostrou-se superior à qualidade das mudas produzidas com o substrato base de controle, de acordo com as variáveis avaliadas.

Assim, estudos realizados demonstram que tal sistema promove mudanças nos atributos, físicos e químicos do solo, melhorando sua fertilidade,

em relação ao sistema convencional (SANTOS *et al.*, 2015).

Na análise de viabilidade do uso dos subprodutos da fabricação de papel e celulose como insumo, além de aspectos técnicos e econômicos a serem abordados, a presença de contaminantes potencialmente perigosos, tais como metais são fundamentais.

A determinação dos requerimentos nutricionais e a diagnose nutricional das plantas são baseadas na expectativa de que haja estreita correlação entre a disponibilidade do nutriente no solo, o teor do elemento na folha e a produção (Malavolta *et al.*, 1997). Assim, os valores de níveis críticos na parte aérea das plantas, mais propriamente nas folhas, são amplamente utilizados como padrões na interpretação dos resultados de análises foliares (NEVES *et al.*, 2008).

Desta maneira, objetivou-se no presente estudo avaliar o estado nutricional de plantas, em dois solos com classes texturais distintas: um solo Argissolo Amarelo textura média e um Latossolo Amarelo textura argilosa, corrigidos com uso de resíduo alcalino da indústria de papel e celulose no cultivo da rúcula (*eruca sativa*), em ambiente controlado.

## MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus CEUNES, município de São Mateus, região Norte de Espírito Santo. O local situa-se a uma altitude aproximada de 39 m, com coordenadas geográficas latitude 18° 43' S, longitude 39° 51' S W. O clima predominante na região segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw (clima tropical semi-umido), com temperatura média anual de 24 °C, variando entre 21°C e 32°C no verão, e 17°C e 28° no inverno, com precipitação anual média de 1.432,8 mm.

Foram utilizadas amostras superficiais (0-20 cm) de dois solos com classes texturais distintas, um Argissolo Amarelo distrófico de textura média (PA) e de um Latossolo Amarelo distrófico de textura argilosa (LA), coletados na região norte do Estado do Espírito Santo. Os solos foram secos ao ar, destorroados e passados em peneira com malha de 2 mm, para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), em seguida foi realizada a caracterização química e física dos solos (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1. Caracterização química das amostras do Argissolo Amarelo de textura média (PA), do Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA).

	pH	P	K	Na	MOS	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	V
		---mg dm <sup>-3</sup> ---			dag kg <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					-----%-----			
<b>PA</b>	4,7	1,2	16,0	7,0	2,1	0,4	0,2	1,0	5,8	0,7	1,7	6,5	10,3	60,0
<b>LA</b>	4,6	0,4	13,5	5,0	0,9	0,2	0,3	1,3	5,2	0,6	1,9	5,8	10,9	66,2

MOS – Matéria orgânica do solo; H+Al – acidez potencial; t – CTC efetiva; T – CTC potencial; V – Saturação por bases; m – saturação por alumínio.

TABELA 2. Caracterização física das amostras do Argissolo Amarelo de textura média (PA), do Latossolo Amarelo de textura argilosa (LA).

	AG	AF	Silte	Argila	DS	DP	VTP
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				-----g cm <sup>-3</sup> -----		---%---
<b>PA</b>	753	131	10	106	1,44	2,54	41,3
<b>LA</b>	370	115	19	496	1,07	2,54	55,2

AG- Areia Grossa; AF – Areia Fina; Ds – Densidade do solo; Dp – Densidade de partículas; VTP – Volume Total de Poros.

O solo coletado foi passado em peneiras de 2 mm, acondicionados em sacos plásticos onde realizou-se a aplicação do corretivo conforme as doses



estabelecidas diante da necessidade de calagem, obtida pelo método da saturação por bases (PREZOTTI *et al.*, 2007).

Em seguida adicionou-se água deionizada às amostras de solo até atingir 60% do Volume Total de Poros (VTP), segundo Freire *et al.*, (1980). Após a homogeneização os solos ficaram incubados pelo período de 30 dias, para promover a reação do material corretivo. Os sacos plásticos ficaram fechados a maior parte do tempo para evitar perda de umidade, abertos diariamente somente para liberação do CO<sub>2</sub>.

Após o período de incubação, os solos foram novamente destorroados, peneirados e acondicionados em vasos com capacidade de 5 dm<sup>3</sup>, recebendo em todas as parcelas experimentais 150 mg kg<sup>-1</sup> de K; 100 mg kg<sup>-1</sup> de N; 40 mg kg<sup>-1</sup> S; 0,81 mg kg<sup>-1</sup> de B; 1,33 mg kg<sup>-1</sup> Cu; 1,55 mg kg<sup>-1</sup> Fe; 3,66 mg kg<sup>-1</sup> Mn; 0,15 mg kg<sup>-1</sup> Mo e 4,0 mg kg<sup>-1</sup> Zn nas formas de sais solúveis (reagentes P.A.), conforme Oliveira *et al.* (1991), com exceção o N que foi na forma de ureia, com duas aplicações, uma no transplante e outra aos 15 dias. O Argissolo Amarelo distrófico textura média recebeu 75 mg kg<sup>-1</sup> de P e o Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa recebeu o 150 mg kg<sup>-1</sup> de P, devido ao poder tampão de P diferenciado nos dois solos em questão.

Os materiais utilizados como corretivos da acidez do solo foram os resíduos extraídos da indústria de celulose e papel com sete níveis de cinza cálcio magnésio – CCM (Cinza de Biomassa; Dregs & Grits; Lama de Cal e Magnesita) e sete níveis de Humuativo, com caracterização física e química apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização físico e química do CCM e Humuativo adicionados aos solos.

Produto	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PN	ER	PRNT
	----- dag kg <sup>-1</sup> -----					----- % -----		
CCM	22,20	14,11	0,68	1,92	0,001	80,5	71,84	55,8
Humuativo	0,61	1,43	0,42	1,94	0,06	--	--	--

CCM – Cinza Cálcio Magnésio; PN – Poder neutralizante; ER – Eficiência relativa; PRNT – Poder Relativo de Neutralização Total.

Os níveis de CCM foram calculados com base na necessidade de calagem para correção da acidez do solo e para atender a demanda da cultura por Ca e Mg de acordo com Prezotti *et al.*, (2007), sendo está definida como o

nível recomendado. As doses de CCM e Humuativo foram combinadas segundo o modelo matricial Box Berard aumentada 3 ( $2^k+2K+2K+1$ ) modificado por Leite (1984), constituindo 13 tratamentos (Tabela 4) mais um tratamento com calcário dolomítico, disposto em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. O ponto central da matriz (0,0) tido como a dose padrão e referente a 100% da necessidade de calagem para CCM e 25 t ha<sup>-1</sup> para Humuativo.

TABELA 4. Tratamentos codificados e as doses reais da matriz experimental Box-Berard aumentada 3 para os tratamentos.

Tratamento	CCM codificado	NC (%)	Humuativo codificado	HUM (%)	CCM Humuativo ----- t ha <sup>-1</sup> -----		
					PA	LA	PA/LA
1	*	*	*	*	*	*	*
2	0	100	0	100	6,71	5,93	25
3	-1	0	-1	0	0	0	0
4	-1	0	1	200	0	0	50
5	1	200	-1	0	13,42	11,86	0
6	1	200	1	200	13,42	11,86	50
7	-1,5	50	0	100	3,36	2,97	25
8	1,5	250	0	100	16,78	14,83	25
9	0	100	-1,5	50	6,71	5,93	12,5
10	0	100	1,5	250	6,71	5,93	62,5
11	-1,8	20	-1	0	1,34	1,19	0
12	-1	0	-1,8	20	0	0	5
13	1,8	280	1	200	18,79	16,6	50
14	1	200	1,8	280	13,42	11,86	70

\*Tratamento com calcário dolomítico (3,5 t ha<sup>-1</sup> LA e 4,04 t ha<sup>-1</sup>PA). CCM - Cinza Cálcio Magnésio; PA - Argissolo Amarelo distrófico textura média; LA - Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa.

As mudas de rúcula da cultivar Rococó (*Eruca Sativa*) foram produzidas em bandejas de poliestireno de 128 células contendo substrato da marca BIOPLANT. Com 25 dias após a semeadura, com a formação de quatro folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 5 dm<sup>3</sup>, contendo duas mudas por vaso.

A irrigação foi realizada diariamente com água deionizada, mantendo-se a umidade constante para todos os vasos por meio de pesagens. A adubação de cobertura foi realizada aos 15 dias após o transplante.

Após 30 dias de cultivo nos vasos as plantas foram coletadas. Antes da colheita, foram medidas a altura e largura das plantas utilizando-se régua graduada em centímetros. A colheita consistiu no corte das folhas dois centímetros de altura acima do coleto. Foram determinados: número de folhas

por planta, diâmetro do caule, matéria fresca da parte aérea, matéria fresca da parte da raiz e a matéria seca da parte aérea e da raiz. O número de folhas por planta foi determinado pela contagem das folhas acima de 5 cm. O diâmetro do caule foi obtido através de um paquímetro. A massa fresca foi avaliada mediante a pesagem das folhas de todas as plantas de cada parcela, após a retirada de cada vaso. Após esse processo, as folhas foram cortadas, acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa à temperatura média de 60° até atingirem massa constante, para avaliação da massa seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Dunnett ou Tukey a 5%, conforme a necessidade, utilizando-se o programa Genes (CRUZ, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Latossolo Amarelo

É necessário enfatizar para as análises do Latossolo Amarelo, que devido ao pequeno crescimento e morte das plantas, os tratamentos T9 e o T14 (controle) não foram incluídos na análise estatística.

Analisando a altura das plantas de rúcula, observa-se que os tratamentos não mostraram significância, com exceção do tratamento T8, que apresentou o menor valor e foi significativo quando comparado com a testemunha com 100% da NC de CCM. Resultado que já era de se esperar, pois, esse tratamento recebeu a menor dose de CCM e Humoativo ( $1,19 \text{ t ha}^{-1}$  e  $0 \text{ t há}^{-1}$ , respectivamente). O valor observado neste trabalho foi inferior ao encontrado por Fonseca *et al.* (2014) de 15,42cm de altura, testando o efeito residual da jitirana, flor-de-seda e mata-passo no cultivo da rúcula.

A maior média de altura entre os tratamentos foi de 18,9 cm no tratamento T11. Oliveira *et al.* 2013, encontraram valore de 22,9 cm de altura, avaliando os componentes morfológicos do coentro, cenoura e rúcula em função de sistema de cultivo e densidades populacionais.

O número de folhas em plantas de rúcula é de suma importância, uma vez, que esse órgão tem a responsabilidade por realizar a fotossíntese, além de ser a parte comerciável da planta. Avaliando o número de folhas das plantas de rúcula cultivadas com os subprodutos da indústria de papel e celulose, nota-se que houve diferença entre alguns tratamentos em relação às testemunhas. O tratamento T11 se diferenciou da testemunha com aplicação de calcário, onde a média do tratamento, com 53 folhas, foi superior ao da testemunha com 32 folhas. Diferença de 21 folhas. Os tratamentos T1 e T8 se diferenciaram da testemunha com 100% da NC com o produto CCM, sendo que a média dos tratamentos, com 27 e 16 folhas, foram inferiores ao da testemunha, com 47 folhas. Esses tratamentos tiveram as menores doses dos subprodutos,  $0 \text{ t há}^{-1}$  de CCM e  $50 \text{ t há}^{-1}$  Humoativo e  $1,19 \text{ t há}^{-1}$  de CCM e  $0 \text{ t há}^{-1}$  de Humoativo para os T1 e T8, respectivamente. Os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa. Os valores encontrados nesse trabalho foram superiores ao encontrados por Almeida *et al.* 2015, que teve uma produção de 11,2 folhas, avaliando o efeito residual da jitirana, flor-deseda e mata-pasto no cultivo da

rúcula. Valor inferior também foi observado por Alves *et al.* (2012), correspondendo a média de 11,2 folhas por plantas, avaliando diferentes proporções de jitirana e Flor-de-seda em sistema orgânico na cultura da rúcula. Costa *et al.* (2011), ao avaliarem o desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e em campo aberto, observaram média de 22,5 folhas em período de 30 dias de cultivo da rúcula.

Não se evidenciou efeito significativo para o diâmetro do caule das plantas de rúcula, quando comparados com as testemunhas. O tratamento T11 proporcionou a maior média sobre o atributo diâmetro do caule (0,95 cm), com a aplicação de 16,6 t há<sup>-1</sup> e 5 t há<sup>-1</sup> de CCM e Humoativo, respectivamente.

O peso fresco da parte aérea foi outra variável das plantas de rúcula, das quais, as doses dos subprodutos das indústrias de papel e celulose pouco influenciou. Apenas o Tratamento T8 se diferenciou das testemunhas, tanto para que utilizou calcário, quanto para que utilizou 100% de NC do produto CCM. O tratamento T8 apresentou a menor média (30g) dentre os tratamentos (Tabela 5). Os tratamentos T7 e T11 obtiveram as maiores médias 107,4 e 106,6 g, respectivamente. Os outros tratamentos não mostraram diferenças significativas. Molino *et al.* 2015, encontraram valor máximo de 85,8 g de peso fresco, cultivando rúcula sobre diferentes laminas de água. Esses valores são inferiores aos encontrados nesse trabalho. Cecílio Filho *et al.* 2014, também encontraram valores inferiores, média de 64,0 g, avaliando parcelamento de doses de nitrogênio em rúcula.

O peso fresco da parte da raiz foi outra variável para a rúcula dos quais as doses dos subprodutos não influenciaram. A maior médias entre os tratamentos do peso fresco da raiz foi 63,3 g no tratamento T11 (Tabela 5). Valores inferiores a esse foram observados por Silva *et al.* (2011), que encontraram media máxima de 12, 39 g de matéria fresca da raiz nas plantas de rúcula em consorcio com alface.

O peso seco da parte aérea seguiu o mesmo comportamento do peso fresco da parte aérea. Apenas o tratamento T8 se diferencio das testemunhas, tanto para que utilizou calcário, quanto para de 100% de NC do produto CCM.

TABELA 7. Valores médios da Altura, Numero de folha, Diâmetro, matéria fresca da parte da aérea (MFPA), matéria fresca da raiz (MFR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR) das plantas de rúcula cultivadas no Latossolo Amarelo – LA corrigidos com subprodutos da produção de celulose.

TRAT.	CCM	HUM	ALTURA	N° FOLHA	DIÂMETRO	MFPA	MFR	MSPA	MSR
1	0	50	17,1 ab	27 a	0,7ab	57,9 ab	44,8 ab	6,1 ab	8,9 ab
2	11,86	0	17,3 ab	39 ab	0,8 ab	78,6 ab	54,6 ab	9,6 ab	13,1 ab
3	11,86	50	16,0 ab	32 ab	0,6 ab	67,8 ab	50,1 ab	7,5 ab	11,5 ab
4	2,97	25	18,4 ab	41 ab	0,7 ab	82,6 ab	52,5 ab	7,8 ab	10,2 ab
5	14,83	25	17,8 ab	36 ab	0,5 ab	77,3 ab	37,3 ab	8,0 ab	6,4 ab
6	5,93	12,5	17,2 ab	42 ab	0,8 ab	95,4 ab	36,1 ab	10,8 ab	6,1 ab
7	5,93	62,5	17,4 ab a	51 ab	0,8 ab	107,4 ab	51,4 ab	11,6 ab	9,1 ab
8	1,19	0	13,2 a	16 a	0,5 ab	30,0	13,5 ab	2,6	2,7 ab
9	0	5	*	*	*	*	*	*	*
10	16,6	5	16,6 ab	43 ab	0,8 ab	84,8 ab	43,7 ab	9,9 ab	7,3 ab
11	11,86	70	18,9 ab	53 b	0,9 ab	106,6 ab	63,6 ab	12,7 ab	13,2 ab
12	**	**	16,1 a	32 a	0,7 a	79,9 a	58,9 a	8,5 a	17,4 a
13	5,93	25	18 b	47 b	0,8 b	81,8 b	42,9 b	9,19 b	7,7 b
14	0	0	*	*	*	*	*	*	*

Medias seguida da mesma letra na coluna não se diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. \*\*Tratamento com calcário dolomítico (dose: 4,0 t ha<sup>-1</sup>); CCM – Cinza Cálcio Magnésio; HUM – Humoativo; cm – centímetros; g – gramas.

O tratamento T8 apresentou a menor média de 2,6 g de peso seco de raiz (Tabela 5). Os tratamentos T7 e T11 obtiveram as maiores médias 11,6 e 12,7g, respectivamente. Os outros tratamentos não mostraram diferenças significativas. Cecílio Filho *et al.* 2014, encontraram 3,5 g, avaliando parcelamento de doses de nitrogênio. Valor inferior comparando com as maiores médias deste trabalho. Cultivando diferentes cultivares de rúcula sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, Oliveira *et al.* (2012), encontraram valores inferiores a esses nas duas cultivares, 2,6g na Folha Larga e 3,2 para cultivada.

O mesmo comportamento que aconteceu no peso fresco da raiz, seguiu a mesma tendência para o peso seco da raiz, onde não houve diferença dos tratamentos com as testemunhas. O tratamento T11 obteve a maior média entre os tratamentos com valor de 13,2 g (Tabela 5). Valores inferiores a esse foram observados por Silva *et al.* (2011), que encontraram média máxima de 2,04 g de matéria seca da raiz para as plantas de rúcula em consorcio com alface.

Para todas as variáveis analisadas no Latossolo Amarelo de textura argilosa, nota-se que as menores médias observadas ocorreram no tratamento T8, quando aplicado 1,19 t há<sup>-1</sup> de CCM e 0 t há<sup>-1</sup> de Humoativo. Logo, os solos que não recebem quantidades necessárias de corretivos para realizar a correção da acidez, as plantas cultivadas sobre esses sofreram pela não disponibilidade das nutrientes essenciais para seu desenvolvimento, resultando em baixa produção ou até mesmo como ocorrido aqui, a perda total das plantas.

### **Argissolo Amarelo**

Analisando a altura das plantas de rúcula, observou-se que os tratamentos T5, T8 e T9 não apresentaram diferença estatística com as testemunhas. Já para os outros tratamentos (T1, T2, T3, T4, T6, T7, T10 e T11), houve diferença entre a testemunha que não aplicou nenhum tipo de produto. O tratamento T10 obteve a maior média em altura, 17,0cm em meio os tratamentos (Tabela 6). O valor observado foi inferior ao encontrado por Alves *et al.* (2012), correspondendo a 18,2 cm de altura, avaliando diferentes proporções de jirirana e Flor-de-seda em sistema orgânico na cultura da rúcula. Também Lima *et al.* (2013), observou valor superior, 17,4 cm, avaliando Produtividade da rúcula em função de densidades populacionais. Barboza (2014), na adubação nitrogenada

para consórcio de alface e rúcula, observou altura de 23,8cm, também superior ao valor encontrado nesse trabalho.

Para o número de folhas, apenas o tratamento T9 mostrou diferença das testemunhas com calcário e 100% da NC do produto CCM. Os demais tratamentos mostraram diferença apenas para a testemunha que não utilizou nenhum tipo de produto. A maior quantidade de folhas aconteceu nos tratamentos T3 e T10 com 45 folhas para ambos. Resultados inferiores foram encontrados por Linhares *et al.* (2011), trabalhando com rendimento de variedades de rúcula com diferentes doses de *Merremia aegyptia* L., encontraram média de 20,4 folhas. Também Costa *et al.* (2011), encontraram valores de 23,6 folhas, num período de cultivo de 30 dias, no desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto.

Avaliando o diâmetro do caule das plantas de rúcula, apenas se diferiram da testemunha que não utilizou nenhum tipo de produto os tratamentos T2, T3, T4, T5, T6 e T10. Já os tratamentos T1, T7 e T8 não mostraram diferenças entre nenhuma testemunha, e apenas o tratamento T9 mostrou diferença com a testemunha que utilizou 100% da NC do produto CCM. Dentre os tratamentos a maior média aconteceu no tratamento T4 com 0,96 cm de diâmetro.

O peso fresco da parte aérea foi outra variável para a rúcula das quais as doses entre os tratamentos com os subprodutos das indústrias de papel e celulose pouco influenciou. Apenas o Tratamento T9 se diferenciou das testemunhas, tanto para testemunha que utilizou calcário, quanto para a que utilizou 100% de NC do produto CCM. Os outros tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T10 e T11) apenas mostrou diferença para a testemunha que não utilizou nenhum tipo de produto. Os tratamentos que obtiveram as maiores medias foram os T4 e T10 com 92,4 e 92,2 g, respectivamente. Solino *et al.* (2010), acharam valores inferiores a esses quando cultivado rúcula sobre plantio orgânico com máxima de 53,08 g de matéria fresca. Cultivando diferentes cultivares de rúcula sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação Oliveira *et al.* (2012), encontraram valores inferiores a esses nas duas cultivares, 27,1g no cultivar Folha Larga e 29,8 para cultivar cultivada. Steiner *et al.* (2011), encontraram produção máxima de 70g de matéria fresca para as folhas de rúcula no acumulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. Valores inferiores aos obtido no presente trabalho.



O peso fresco da raiz mostrou diferença nos tratamentos T3, T10 e T11 quando comparados a testemunha que não utilizou nenhum tipo de produto. O tratamento T9 mostrou diferença quando comparado com a testemunha que utilizou calcário, onde a média da testemunha foi maior que o tratamento 113,7g (Tabela 6). Os demais tratamentos não mostraram diferença estatística. A maior média ocorreu no tratamento T10 com 102,0g de matéria fresca de raiz.

O peso seco da parte aérea não seguiu o mesmo comportamento do peso fresco da parte aérea. Nenhum tratamento mostrou diferença em relação as testemunhas testadas. O tratamento T4 obteve a maior média com 11,3 g de matéria seca. Os resultados do presente trabalho concordam com os obtidos por Costa *et al.* (2007), que não verificou efeito significativo na Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo sobre a matéria seca. Também Purquerio *et al.* (2007), não encontraram diferença significativa na matéria seca das plantas de rúculas, quanto ao efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula.

O comportamento que ocorreu na matéria seca da raiz não aconteceu na matéria fresca da raiz. Apenas o tratamento T9 mostrou diferença entre a testemunha que utilizou calcário. Os demais tratamentos não mostraram nenhuma diferença entre as testemunhas (Tabela 6). A maior média ocorreu no tratamento T10 com 25, 5 g de matéria seca de raiz. Koetz *et al.* (2012), observaram resposta linear para a matéria seca da raiz com média de 2g, até a dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> de P2O5 para a cultura da rúcula.

Para todas as variáveis analisadas no Argissolo Amarelo de textura media, observou-se que as menores medias foram encontradas no tratamento T9, quando aplicado 0 t há<sup>-1</sup> de CCM e 5 t há<sup>-1</sup> de Humoativo. Logo, os solos que não recebem quantidades necessárias de corretivos para realizar a correção da acidez, as plantas cultivas sobre esses sofreram pela não disponibilidades das nutrientes essências para seu desenvolvimento, resultando em baixa produção ou até mesmo como ocorrido aqui, a perda total das plantas.

TABELA 8. Valores médios da Altura, Numero de folha, Diâmetro, matéria fresca da parte da aérea (MFPA), matéria fresca da raiz (MFR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR) das plantas de rúcula cultivadas no Argissolo Amarelo – PA corrigidos com subprodutos da produção de celulose.

TRAT.	CCM	HUM	ALTURA ----cm----	N° FOLHA	DIÂMETRO ----cm----	MFPA	MFR	MSPA	MSR
						-----g-----			
1	0	50	16,7 ab	26 ab	0,7abc	64,7 ab	68,6 abc	7,0 abc	19,1 abc
2	13,42	0	16,6 ab	39 ab	0,7 ab	76,4 ab	63,9 abc	8,4 abc	15,9 abc
3	13,42	50	15,5 ab	45 ab	0,8 ab	64,7 ab	92,6 ab	10,4 abc	24,0 abc
4	3,36	25	17,0 ab	42 ab	0,9 ab	92,4 ab	78,6 abc	11,4 abc	15,8 abc
5	16,78	25	14,2 abc	42 ab	0,9 ab	67,3 ab	75,8 abc	10,4 abc	19,4 abc
6	6,71	12,5	16,1 ab	40 ab	0,8 ab	80,4 ab	64,6 abc	9,8 abc	12,8 abc
7	6,71	62,5	15,8 ab	42 ab	0,5 abc	81,2 ab	64,5 abc	9,5 abc	12,2 abc
8	1,34	0	13,9 abc	26 ab	0,6 abc	60,6 ab	66,0 abc	6,1abc	18,2 abc
9	0	5	12,0 abc	14 c	0,4 ab	22,9 c	10,0 bc	2,3 abc	1,3 bc
10	18,79	5	17,0 ab	45 ab	0,9 ab	92,4 ab	102,0 ab	10,4 abc	25,5 abc
11	13,42	70	15,5 ab	39 ab	0,7 ab	85,6 ab	85,3 ab	9,8 abc	19,5 abc
12	**	**	15,9 a	36 a	0,7 a	79,8 a	113,7 a	9,1 a	36,1 a
13	6,71	25	16,6 b	41 b	0,9 b	81,0 b	86,5 b	10,9 b	23,0 b
14	0	0	10,1 c	9,0 c	0,3 c	16,2 c	7,3 c	1,6 c	1,3 c

Medias seguida da mesma letra na coluna não se diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. \*\*Tratamento com calcário dolomítico (dose: 4,0 t ha<sup>-1</sup>); CCM – Cinza Cálcio Magnésio; HUM – Humoativo; cm – centímetros; g – gramas.

diferentes solos.

Nota-se que de modo geral, mesmo as diferenças sendo pequenas, as plantas no Latossolo Amarelo de textura argilosa se desenvolveram mais em relação ao Argissolo Amarelo de textura média. Entretanto, a característica matéria fresca e matéria seca das raízes, tiveram valores superiores no Argissolo Amarelo de textura média. Logo, as plantas cultivadas no Argissolo Amarelo, tiveram o sistema radícula mais desenvolvidos que as plantas cultivadas no Latossolo Amarelo. No entanto, mesmo possuindo um sistema radícula maior, não foi o suficiente para que as plantas cultivadas nesse solo se desenvolvessem mais do que as plantas cultivadas no Latossolo Amarelo.

Tabela 3- Comportamentos dos valores médios gerais da Altura, Número de folha, Diâmetro, Matéria fresca da parte aérea (MFPA), Matéria fresca da raiz (MFR), Matéria seca da parte aérea (MSPA) e Matéria seca da raiz (MSR) das plantas de rúcula cultivadas nos solos LA e PA.

	<b>ALTURA</b> ----- Cm-----	<b>Nº FOLHA</b>	<b>DIÂMETRO</b> -----Cm-----	<b>MFPA</b>	<b>MFR</b>	<b>MSPA</b>	<b>MSR</b>
				-----g-----			
<b>LA</b>	17,1a	38a	1,8 a	79,2 a	45,8 b	8,7 a	9,5 b
<b>PA</b>	15,2 b	35 b	0,7 b	68,9 b	69,9 a	8,3 b	17,4 a

Medias seguida da mesma letra na coluna não se diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; LA – Latossolo Amarelo; PA – Latossolo Amarelo; cm – centímetros; g – gramas.

Segundo Thomasson (1978) e Secco *et al.* (2004), os solos devem possuir macroporosidade mínima de 10% para o crescimento e desenvolvimento satisfatórios das plantas, pois os macroporos constituem a rota principal ao crescimento das raízes (Camargo & Alleoni, 1997) e também são os responsáveis pela aeração (Primavesi, 1987).

O Argissolo Amarelo por possuir maior macroporosidade em relação ao Argissolo Amarelo, permitiu que as raízes tivessem o sistema radicular mais desenvolvidos em relação aos das plantas de rúcula do Latossolo Amarelo.

Um sistema radicular mais desenvolvido proporciona a planta mais resistente

tanto para a hora do transplante quanto para o desenvolvimento no campo. O sistema radicular quando se desenvolve mais, proporciona mais resistência aos danos físicos (SILVA *et al.*,2013).

A carência de trabalhos com plantas de rúcula relacionados ao uso de subprodutos da indústria de papel e celulose, não permitir fazer comparações mais específicas.

## CONCLUSÕES

Os subprodutos da indústria de papel e celulose influenciaram positivamente no desenvolvimento das plantas de rúcula cultivadas no Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo.

As variáveis altura, número de folha, diâmetro do caule, matéria fresca e matéria seca da parte aérea das plantas cultivadas no Latossolo Amarelo com os subprodutos da indústria de papel e celulose, tiveram valores superior às plantas cultivadas no Argissolo Amarelo.

A variáveis matéria fresca e matéria seca da raiz das plantas cultivadas no Argissolo Amarelo tiveram valores superior às plantas cultivadas no Latossolo Amarelo.

Para o Latossolo Amarelo, doses abaixo de  $1,19 \text{ t ha}^{-1}$  do produto CCM, não proporcionou um bom desenvolvimento as plantas de rúcula.

Para o Argissolo Amarelo, doses abaixo de  $1,34 \text{ t ha}^{-1}$  do produto CCM não proporcionou um bom desenvolvimento as plantas de rúcula.

No Latossolo Amarelo as maiores medias aconteceram em sua maioria no tratamento T10 com  $11,86 \text{ t ha}^{-1}$  do produto CCM e  $70 \text{ t ha}^{-1}$  de Humoativo.

No Argissolo Amarelo as maiores medias aconteceram em sua maioria no tratamento T4 com  $3,36 \text{ t ha}^{-1}$  do produto CCM e  $25 \text{ t ha}^{-1}$  de Humoativo.

## REFERENCIAS

AGUIAR JUNIOR, R. A.; GUISCEM, J. M.; SILVA, A. G. P.; FIGUEIREDO, R. T.; CHAVES, A. M.; PAIVA, J. B. P.; SANTOS, F. N. Interferência de doses de nitrogênio na produção de área foliar, biomassa fresca e seca de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 28, 2010.

ALMEIDA, A. M. B de; LINHARES, P. C. F.; LIBERALINO FILHO, J.; NEVES, A. P. M.; MORAIS, S. L.S de. Efeito residual da jitrana, flor-de-seda e mata-pasto no cultivo da rúcula em sucessão a beterraba. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil) v. 10, n.2, p. 42 - 48, abr-jun, 2015.

ALVES, R. F.; LINAHRES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; FILHO, J.L.; SOUSA, A. J. P de.; PAIVA, A. C.C de. Desempenho agrônômico da Rúcula sob diferentes proporções de jitrana e Flor-de-seda em sistema orgânico. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.4, p.107-112, outubro-dezembro, 2012.

ANJOS, A. R. M. dos; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em latossolos repetidamente tratados com biossólido. **Scientia Agrícola**, v.57, n.4, p.769-776, outubro/dezembro. 2000.

ANTUNES BOCA SANTA, R. A.; NONES, J.; RIELLA, H. G.; KUHNEN, N. V. Desenvolvimento de geopolímeros a partir de cinzas pesadas por ativação alcalina. In: **XX Congresso Brasileiro de engenharia Química**, Florianópolis, 2014.

ANVISA 1998 - **Secretaria de Vigilância Sanitária**, recommended dietary allowances (RDA), ingestão diária recomendada (IDR) de vitaminas, minerais e proteínas. Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção I-E, p, 5, jan, 1998.

ARAUJO, M. L.; OLIVEIRA, S. S.; SOUZA, J. L. B.; ABREU, M. G. P. de; MELHORANÇA FILHO, A. L. Avaliação do efeito do estresse salino sobre o desenvolvimento inicial da rúcula. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n.1, p.01-08, Jan-jun. 2014.

ARRUDA, O. G de; TARSITANO, M. A. A.; ALVES, M. C.; GIACOMO, R. G. Comparação de custos de implantação de eucalipto com resíduo celulósico em substituição ao fertilizante mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.5, p. 576-583, set/out, 2011.

BARBOZA, E. Adubação nitrogenada para consórcio de Alface e rúcula. **Dissertação (mestrado)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

BLANCO, M. R. D. V.; ZAMBON, N. F. R. A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura de alface. **Horticultura brasileira** v.11(1), maio, 1993.

CAMARGO, A. O; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, USP. 132p, 1997.

CANNATA, M. G. Efeitos de cádmio e chumbo no desenvolvimento da rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativa* L.) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solução nutritiva. **Tese (doutorado)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CARRIJO, D. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de Hortaliças**. Embrapa, Circular Técnica, 13pp.2004.

CECILIO FILHO, A. B.; MAIA, M. M.; MENDONZA-CORTEZ, J. W.; RODRIGUES, M. A.; NOWAKI, R. H. D. Épocas de cultivo e parcelamento da adubação nitrogenada para rúcula. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.3, p.252-258, Julho/Setembro, 2014.

COSTA, C. C.; CECILIO FILHO, B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C.; GRANGEIRO, L. C. Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura brasileira**, v. 25, n. 1, janeiro.-março, 2007.

COSTA, C. M. F. da; JÚNIOR, S. S.; ARRUDA, G. R. de; Souza, s. b.s. de. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 93-102, janeiro/março, 2011.

DAVIES, B.E. Lead. In: B.J. ALLOWAY (ed.) Heavy Metals in Soils. John Wiley and Sons, New York, p. 177-196. 1990.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, p. 627, 2009.

FONSECA, J. O. G. da; OLIVEIRA, E. A. G. de; RIBEIRO, R. de L. D.; ARAÚJO, E. da S.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Desempenho agrônômico de alface e rúcula em sucessão, em função de diferentes doses de composto fermentado, sob manejo orgânico. In: Resumos do IV Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno, Brasília/DF, outubro de 2014.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 5-8, 1980

GRATÃO, P.L.; POLLE, A.; LEA, P.J.; AZEVEDO, R.A. Making the life of heavy metal stressed plants a little easier. *Funct Plant Biol* 32: 481-494, 2005.

KOETZ, M.; CARVALHO, K. dos S.; BONFIM-SILVA, E. M.; REZENDE, C. G.; SILVA, J. C. da. Rúcula submetida a doses de fósforo em Latossolo vermelho do cerrado. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 1554, 2012.

LEITE, R. A. - Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo do equilíbrio fósforo-enxofre na cultura de soja em amostras de dois Latossolos de Minas Gerais. **Tese de Mestrado**, Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p. 87, 1984

LIMA, J. S. S. de; CHAVES, A. P.; NETO, F.B.; SANTOS, E. C.; OLIVEIRA, F. S. de. Produtividade da cenoura, coentro e rúcula em função de densidades populacionais. **Revista Verde** (Mossoró – RN - Brasil), v. 8, n. 1, p. 110 - 116, janeiro/março de 2013.

LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; BEZERRA, A. K. de H.; PEREIRA, M. F. S.; PAZ, A. E. S. da. Rendimento de cultivares de rúcula adubado com diferentes doses de *Merremia aegyptia* L. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil), v.6, n.2, p. 07 - 12 abril/junho de 2011.

LOPES, J.C.; RIBEIRO, L.G.; ARAÚJO, M.G.; BERALDO, M.R.B.S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.143-147, janeiro/março, 2005.

MACIEL, T. M. S.; ALVES, M. C.; SILVA, F. C. Atributos químicos da solução e do solo após aplicação de resíduo da extração de celulose. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.84–90, 2015.

MAIA, A. F. C. de A.; MEDEIROS, D. C. de; FILHO, J. L. Adubação orgânica em diferentes substratos na produção de mudas de rúcula. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 89-95, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C & OLIVEIRA AS. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**, 2 ed. PiracicabaSP, POTAFOS. 319p., 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Patafo, p. 201, 1989.

MARTINS, L.; MOURATO, M. (2008). Alterações no metabolismo de plantas em meios contaminados por metais pesados: stresse oxidativo. *Revista Agros*, 2008.

MENGEL, K. & KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Springer-Verlag, New York, NY. In: González-Ponce, R., Esther G., López-de-Sa, E. G., Plaza, C. (2009). Lettuce Response to Phosphorus Fertilization with Struvite Recovered from Municipal Wastewater. **Hortscience**. 44 (2): 426-43, 2004.

MOLINE, E. F. V.; BARBOZA, E.; STRAZEIO, S. C.; BLIND, A. D.; FARIAS, E. A. de P. Diferentes lâminas de irrigação na cultura da rúcula no sul de Rondônia. **Nucleus**, v.12, n.1, abril, 2015.

MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; CANTARELLA, H.; NASCENTE, A. S.; MORO, A. L.; BROETTO, F. Acidez do solo afetando concentração de micronutrientes, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade em plantas de arroz de terras altas. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3397-3410, 2013.

MOURATO, M.; REIS, R.; MARTINS, L. L. Characterization of Plant Antioxidative System in Response to Abiotic Stresses: A Focus on Heavy Metal Toxicity. Capítulo 2 em *Advances in Selected Plant Physiology Aspects*. Ed. Giuseppe Montanaro and Bartolomeo Dichio, Lisbon, Portugal. p. 388, 2012.

NEGREIROS, A. M. P.; LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; ALMEIDA, A. M. B.; OLIVEIRA, J. D. de. Eficiência agroeconômica do esterco bovino em cultivo sucessivo de rúcula. **Revista Verde**, Pombal, v 9. , n. 4, p. 102 - 105, out/dez, 2014.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. de; FERREIRA, E. V. de O.; ASSIS, R. P. de. Nutrição mineral, crescimento e níveis críticos foliares de cálcio e magnésio em mudas de umbuzeiro, em função da calagem. **Revista Ceres**, nov/dez, 2008.

OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**, p.195, 1991.

OLIVEIRA, F. de A. de; OLIVEIRA, M. K. T. de; NETA, M. L. de S.; SILVA, R. T. da; SOUZA, A. A. T.; SILVA, O. M. dos P. da; GUIMARÃES, I. P. Desempenho de



cultivares de rúcula sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.3, p. 67-73, julho – setembro, 2012.

OLIVEIRA, W. M.; SANTO, E. C.; FERREIRA, L. L.; OLIVERIA, F. S.; LIMA, R. K. B.; NETO, H. S. L. Componentes morfológicos do coentro, cenoura e rúcula em função de sistema de cultivo e densidades populacionais. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.2, p.05-09, abril-junho, 2013.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo–5ª aproximação. Vitória, ES, **SEEA/INCAPER/CEDAGRO**, p. 305, 2007.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel. 549p, 1987.

PURQUEIRO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; BOAS, R. L. V. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura brasileira**, v. 25, n. 3, julho.-setembro, 2007.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1991, 343 p.

SAITER, O. Utilização de resíduos agrícolas e florestais como fonte de energia para a secagem de grãos de Coffea canephora var. Conilon. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, C. F.; BÜLL, T. L. Efeito da aplicação de resíduos urbanos e industriais na cultura da aveia preta cultivada em Latossolo vermelho em sistema plantio direto. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 1, p. 66-75, jan./mar. 2015.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M & DA ROSCO. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:797-804, 2004.

SHIZUTO, M . **Horticultura**. 2 ed. Campinas-SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, 321 p.

SILVA, A. O. da; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. de F. e; SANTOS, A. N. dos; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico nft utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-pe. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 114-125, janeiro-março, 2012.

SILVA, D. F. **Micronutrientes e metais pesados em fosfogesso - acúmulo, mobilidade e fator de transferência em Latossolos do Cerrado**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SILVA, E. M. B.; CLÁUDIO, A. A.; RÊGO, V. M.; SILVERIO, A. T. Características produtiva do rabanete submetido a doses de cinza vegetal. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p.421, 2015.

SILVA, F. C. da; SILVA, C. A.; BERGAMASCO, A. F.; RAMALHO, A. L. Efeito do período de incubação e de doses de composto de lixo urbano na disponibilidade de metais pesados em diferentes solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.3, p.403-412, 2003.

SILVA, F. R. da; ALBUQUERQUE, J. A.; GATIBONI, L. C.; COSTA, A. da. Uso da cinza da combustão de biomassa florestal como corretivo de acidez e fertilidade de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.12, n.3, p. 304-313, 2013.

SILVA, H. D. da ; CARDOSO, A. M. S.; SOUZA, V. B. de; SOUZA, M. das D. da C.; OLIVEIRA, P. C. do C.; CUNHA, L. de M. V. da. Viabilidade Agronômica de Consórcios entre Alface e Rúcula no Sistema Orgânico de Produção. In: Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/CE – dezembro, 2011.

SILVA, J. K.M. da; OLIVEIRA, F. de A. de; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. da S. de; MESQUITA, L. X. de; efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.5, p.30-35, dezembro de 2008.

SOLINO, A. J. da S.; FERREIRA, R. de O.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E. de A.; NEGREIRO, J. R. da S. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 18-24, abril-junho, 2010.

TAN, K. H. **Environmental soil Science**. 2nd. Ed. New York: M. Dekker, p. 452, 2000.

THOMASSON, A.J. Towards an objective classification of soil structure. **Journal of Soil Science**, 29:38-46, 1978.

TISDALE, S. I.; NELSON, W. I.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan, p. 754, 1985.

TOLEDO, F. H. S. F. de; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; DIAS, B. A. S.; VENTURIN, R, P.; MACEDO, R. L. G. Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.7, p.711–716, 2015.

VIEIRA, C. R.; WEBERB, O. L. dos S.; SCARAMUZZAB, J. F. Resíduos Orgânicos como Substrato para Produção de Mudas de Guanandi. **UNICIÊNCIAS**, v. 18, n. 2, p. 91-97, dezembro. 2014.

#### 4.CONCLUSÕES GERAIS

Os resíduos da indústria de celulose corrigiram a acidez ativa nos dois solos estudados.

Até a aplicação de 50% (2,97 e 3,36 t ha<sup>-1</sup>) das doses dos subprodutos para o solo LA e PA, respectivamente, não é eficaz para aumentar o pH do solo para a faixa ideal 5,5 a 6,0.

O uso dos subprodutos eleva os teores de Na<sup>+</sup> no solo em até 15 vezes o valor inicial.

Os resíduos da indústria de celulose exerceram pouca influência na exportação dos macronutrientes na rúcula. A exportação de micronutrientes foi maior nos tratamentos que levaram menores quantidades de CCM.

Os resíduos estudados apresentaram na sua composição Cu e Ni em quantidades tóxicas às plantas, não permitindo abordar o seu uso com segurança em consumo da rúcula.

A variáveis matéria fresca e matéria seca da raiz das plantas cultivadas no Argissolo Amarelo tiveram valores superior às plantas cultivadas no Latossolo Amarelo.

Os resíduos da produção de celulose não são recomendados para serem usados como de corretivo da acidez do solo e como fonte de nutrientes para a cultura da rúcula.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR JUNIOR, R. A.; GUISTEM, J. M.; SILVA, A. G. P.; FIGUEIREDO, R. T.; CHAVES, A. M.; PAIVA, J. B. P.; SANTOS, F. N. Interferência de doses de nitrogênio na produção de área foliar, biomassa fresca e seca de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 28, 2010.

AGUIAR, F. N. de; OLIVEIRA, E. B. de; VIEIRA, E. A.; TENÓRIO, J. A. S.; OLIVEIRA, J. R. de. **Caracterização de resíduos industriais visando a seu aproveitamento na fabricação de aço**. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 65(3), p. 319-325, julho-setembro, 2012.

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; FONTANA, E. C.; COSTA, F. S.; RECH, T. D. Propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. **Revista brasileira de ciências do solo**, v. 26, p. 1065-1073, 2012.

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; FONTANA, E. C.; COSTA, F. S.; RECH, T. D. **Propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1065-1073, 2002.

ALBUQUERQUE, J. A.; MEDEIROS, J. C.; COSTA, A. da; RENGEL, M. Aplicação de resíduo alcalino na superfície de Cambissolos. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p.888-898, 2011.

ALMEIDA, A. M. B de; LINHARES, P. C. F.; LIBERALINO FILHO, J.; NEVES, A. P. M.; MORAIS, S. L.S de. Efeito residual da jitrana, flor-de-seda e mata-pasto no cultivo da rúcula em sucessão a beterraba. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil) v. 10, n.2, p. 42 - 48, abr-jun, 2015.

ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 108-116, 2010.

ALVES, R. F.; LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; FILHO, J.L.; SOUSA, A. J. P de.; PAIVA, A. C.C de. Desempenho agrônômico da Rúcula sob diferentes proporções de jitrana e Flor-de-seda em sistema orgânico. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.4, p.107-112, outubro-dezembro, 2012.

ANJOS, A. R. M. dos; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em latossolos repetidamente tratados com biossólido. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.769-776, outubro/dezembro. 2000.

ANTUNES BOCA SANTA, R. A.; NONES, J.; RIELLA, H. G.; KUHNEN, N. V. Desenvolvimento de geopolímeros a partir de cinzas pesadas por ativação alcalina. In: **XX Congresso Brasileiro de engenharia Química**, Florianópolis, 2014.

BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A.; ANDRADE, G.C. Resíduos da Indústria de Celulose em Plantios Florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, 37:99-106, 1998.

BLANCO, M. R. D. V.; ZAMBON, N. F. R. A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura de alface. **Horticultura brasileira** v.11(1), maio, 1993.

BRACELPA, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). Dados do Setor. Julho de 2012. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>>. Acesso em janeiro de 2015.

BRANCO, S. B.; SILVEIRA, C. B. da; CAMPOS, M. L.; GATIBONI, L. C.; MIQUELLUTI, D. J. Atributos químicos do solo e lixiviação de compostos fenólicos após adição de resíduo sólido alcalino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, Campinas Grande, maio 2013

CAMARGO, A. O; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, USP. 132p, 1997.

CANNATA, M. G. Efeitos de cádmio e chumbo no desenvolvimento da rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativa* L.) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solução nutritiva. **Tese (doutorado)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CARRIJO, D. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de Hortaliças**. Embrapa, Circular Técnica, 13pp.2004.

CECILIO FILHO, A. B.; MAIA, M. M.; MENDONZA-CORTEZ, J. W.; RODRIGUES, M. A.; NOWAKI, R. H. D. Épocas de cultivo e parcelamento da adubação nitrogenada para rúcula. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.3, p.252-258, Julho/Setembro, 2014.

CESAN, COMPANHIA ESPIRITOSANTENSE DE SANEAMENTO. Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do Espírito Santo. **Incaper**. 2011. 126p.

CHAVES, L. H. G. et al. Variabilidade de propriedades químicas de um Neossolo Flúvico da Ilha de Picos (Pernambuco). **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 02, p. 135-141, 2006.

COSTA, C. C.; CECILIO FILHO, B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C.; GRANGEIRO, L. C. Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura brasileira**, v. 25, n. 1, janeiro.-março, 2007.

COSTA, C. M. F. da; JÚNIOR, S. S.; ARRUDA, G. R. de; Souza, s. b.s. de. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 93-102, janeiro/março, 2011.

DAVIES, B.E. Lead. In: B.J. ALLOWAY (ed.) Heavy Metals in Soils. John Wiley and Sons, New York, p. 177-196. 1990.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, p. 627, 2009.

FIGUEIREDO, P. G. & TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa** (gvaa), Mossoró, v. 5, n. 3, p. 01-04, julho-setembro, 2010.

FLORES, D.M.M.; FRIZZO, S.M.B.; FOELKEL, C.E.B. Tratamentos alternativos do efluente de uma indústria de celulose branqueada e papel. *Ciência Florestal*, v.8, p.93-107, 1998.

FONSECA, J. A da; HANISCH, A. L.; BACKES, R. L.; GISLON, I. Evolução de características químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico até o quinto ano após aplicação de resíduos da indústria de celulose. **Revista agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 25, n.3, nov. 2012.

FONSECA, J. O. G. da; OLIVEIRA, E. A. G. de; RIBEIRO, R. de L. D.; ARAÚJO, E. da S.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Desempenho agrônômico de alface e rúcula em sucessão, em função de diferentes doses de composto fermentado, sob manejo orgânico. In: Resumos do IV Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno, Brasília/DF, outubro de 2014.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 5-8, 1980

GRANGEIRO, L. C.; FREITAS, F. C. L. de; NEGREIROS, M. Z. de; MORROCOS, S. de T. P.; LUCENA, R. R. M de; OLIVEIRA, R. A. de. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências. Agrária**. Recife, v.6, n.1, p.11-16, 2011.

GRATÃO, P.L.; POLLE, A.; LEA, P.J.; AZEVEDO, R.A. Making the life of heavy metal stressed plants a little easier. *Funct Plant Biol* 32: 481-494, 2005.

GUERRA, M. A. S. L. Avaliação de indicadores biológicos e físico-químicos no composto orgânico produzido a partir de resíduos da indústria de celulose. 2007. 70 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A da. Efeito da adubação com cinza de biomassa sobre uma pastagem de hemártria cv. Flórida cultivada em solo ácido. **Revista Agropecuária catarinense**, Florianópolis, v.26, n.3, p.74-80, nov.2013/fev.2014

HORTA, C.; LUPI, S.; ANJOS, O.; ALMEIDA, J. Avaliação do potencial fertilizante de dois resíduos da indústria florestal. **Revista de ciências agrárias**, p. 147 – 159, 2010.

KOETZ, M.; CARVALHO, K. dos S.; BONFIM-SILVA, E. M.; REZENDE, C. G.; SILVA, J. C. da. Rúcula submetida a doses de fósforo em Latossolo vermelho do cerrado. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 1554, 2012.

LEITE, R. A. - Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo do equilíbrio fósforo-enxofre na cultura de soja em amostras de dois Latossolos de Minas Gerais. **Tese de Mestrado**, Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p. 87, 1984

LIMA, J. S. S. de; CHAVES, A. P.; NETO, F.B.; SANTOS, E. C.; OLIVEIRA, F. S. de. Produtividade da cenoura, coentro e rúcula em função de densidades populacionais. **Revista Verde** (Mossoró – RN - Brasil), v. 8, n. 1, p. 110 - 116, janeiro/março de 2013.

LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; BEZERRA, A. K. de H.; PEREIRA, M. F. S.; PAZ, A. E. S. da. Rendimento de cultivares de rúcula adubado com diferentes doses de *Merremia aegyptia* L. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil), v.6, n.2, p. 07 - 12 abril/junho de 2011.

LINHARES, P.C.F.; SILVA, M. L da; SILVA, J. dos S.; HOLANDA, A. K de; SILVA, U. L da. **Adição de jirirana ao solo no desempenho de rúcula cv. folha larga**. Caatinga, v. 21, n. 05, p. 89-94, 2008.

LOPES, J.C.; RIBEIRO, L.G.; ARAÚJO, M.G.; BERALDO, M.R.B.S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.143-147, janeiro/março, 2005.

MACIEL, T. M. S.; ALVES, M. C.; SILVA, F. C. Atributos químicos da solução e do solo após aplicação de resíduo da extração de celulose. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.84–90, 2015.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Propriedades químicas de solo tratado com resíduos da indústria de celulose e papel. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 169-177, abr./jun. 2013.

MAIA, A. F. C. de A.; MEDEIROS, D. C. de; FILHO, J. L. Adubação orgânica em diferentes substratos na produção de mudas de rúcula. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 89-95, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C & OLIVEIRA AS. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**, 2 ed. PiracicabaSP, POTAFOS. 319p., 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Patafo, p. 201, 1989.

MARTINS, L.; MOURATO, M. (2008). Alterações no metabolismo de plantas em meios contaminados por metais pesados: stresse oxidativo. *Revista Agros*, 2008.

MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; BATISTELLA, F. & GRAH, J. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.16571665, 2009.

MEDERIOS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; PHILLIPPI, T. Resíduo alcalino da indústria de celulose na correção da acidez de um Cambissolo Húmico aluminico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.12, n.1, p. 78-87, 2013.

MENGEL, K. & KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Springer-Verlag, New York, NY. In: González-Ponce, R., Esther G., López-de-Sa, E. G., Plaza, C. (2009). Lettuce Response to Phosphorus Fertilization with Struvite Recovered from Municipal Wastewater. **Hortscience**. 44 (2): 426-43, 2004.

MOLINE, E. F. V.; BARBOZA, E.; STRAZEIO, S. C.; BLIND, A. D.; FARIAS, E. A. de P. Diferentes lâminas de irrigação na cultura da rúcula no sul de Rondônia. **Nucleus**, v.12, n.1, abril, 2015.

MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; CANTARELLA, H.; NASCENTE, A. S.; MORO, A. L.; BROETTO, F. Acidez do solo afetando concentração de micronutrientes, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade em plantas de arroz de terras altas. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3397-3410, 2013.

MOURATO, M.; REIS, R.; MARTINS, L. L. Characterization of Plant Antioxidative System in Response to Abiotic Stresses: A Focus on Heavy Metal Toxicity. Capítulo 2 em *Advances in Selected Plant Physiology Aspects*. Ed. Giuseppe Montanaro and Bartolomeo Dichio, Lisbon, Portugal. p. 388, 2012.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p.385-392, 2004.

NEGREIRO, J. R. da S. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 18-24, abril-junho, 2010.

NEGREIROS, A. M. P.; LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; ALMEIDA, A. M. B.; OLIVEIRA, J. D. de. Eficiência agroeconômica do esterco bovino em cultivo sucessivo de rúcula. **Revista Verde**, Pombal, v 9. , n. 4, p. 102 - 105, out/dez, 2014.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. de; FERREIRA, E. V. de O.; ASSIS, R. P. de. Nutrição mineral, crescimento e níveis críticos foliares de cálcio e magnésio em mudas de umbuzeiro, em função da calagem. **Revista Ceres**, nov/dez, 2008.

NOLASCO, A. M.; GUERRINI, I. A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fontes de nutrientes e condicionadores de solos florestais. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. p. 386-414.

NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1017. 2007



OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**, p.195, 1991.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Revista Scientia Agricola**, v.58, p.581-593, 2001.

OLIVEIRA, F. de A. de; OLIVEIRA, M. K. T. de; NETA, M. L. de S.; SILVA, R. T. da; SOUZA, A. A. T.; SILVA, O. M. dos P. da; GUIMARÃES, I. P. Desempenho de cultivares de rúcula sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.3, p. 67-73, julho – setembro, 2012.

OLIVEIRA, W. M.; SANTO, E. C.; FERREIRA, L. L.; OLIVERIA, F. S.; LIMA, R. K. B.; NETO, H. S. L. Componentes morfológicos do coentro, cenoura e rúcula em função de sistema de cultivo e densidades populacionais. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.2, p.05-09, abril-junho, 2013.

PÉRTILE, P. Resíduo alcalino da indústria de celulose em solos ácidos e área degradada. **Dissertação (Mestrado)** – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC, p. 106, 2011.

POLYZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. da. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agroambiente on-line**, v.7, n.1, p. 28-25, janeiro – abril, 2013.

PORTO, R. de A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. de M.; CORDOVA, N. R. M.; PRADO, R. M.; COUTINHO, E. L. M.; ROQUE, C. G.; VILLAR, M. L. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 539-546, abr. 2002.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel. 549p, 1987.

PURQUEIRO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; BOAS, R. L. V. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura brasileira**, v. 25, n. 3, julho.-setembro, 2007.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1991, 343 p.

RAYMUNDO, V.; NEVES, M. A.; CARDOSO, M. S.N.; BREGONCI, I. S.; LIMA, J. S. S.; FONSECA, A. B. Resíduos de serragem de mármore como corretivo da acidez de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.1, p.47–53, 2013.

SAITER, O. Utilização de resíduos agrícolas e florestais como fonte de energia para a secagem de grãos de *Coffea canephora* var. Conilon. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008

SANTOS, I. C. dos; CASALI, V. W. D.; MIRANDA, G. V. Teores de metais pesados de potássio e sódio no substrato após o cultivo de 10 cultivares de alface. **Revista Ceres**, p. 53-62, 1997.

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, C. F.; BÜLL, T. L. Efeito da aplicação de resíduos urbanos e industriais na cultura da aveia preta cultivada em Latossolo vermelho em sistema plantio direto. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 1, p. 66-75, jan./mar. 2015.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M & DA ROSCO. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:797-804, 2004.

SHIZUTO, M . **Horticultura**. 2 ed. Campinas-SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, 321 p.

SILVA, A. O. da; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. de F. e; SANTOS, A. N. dos; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico nft utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-pe. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 114-125, janeiro-março, 2012.

SILVA, D. F. **Micronutrientes e metais pesados em fosfogesso - acúmulo, mobilidade e fator de transferência em Latossolos do Cerrado**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SILVA, E. M. B.; CLÁUDIO, A. A.; RÊGO, V. M.; SILVERIO, A. T. Características produtiva do rabanete submetido a doses de cinza vegetal. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p.421, 2015.

SILVA, F. C. da; SILVA, C. A.; BERGAMASCO, A. F.; RAMALHO, A. L. Efeito do período de incubação e de doses de composto de lixo urbano na disponibilidade de metais pesados em diferentes solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.3, p.403-412, 2003.

SILVA, F. R da; ALBUQUERQUE, J. A.; GATIBONI, L. C.; COSTA, A da. Uso da cinza da combustão de biomassa florestal como corretivo de acidez e fertilidade de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.12, n.3, p. 304-313, 2013.

SILVA, H. D. da ; CARDOSO, A. M. S.; SOUZA, V. B. de; SOUZA, M. das D. da C.; OLIVEIRA, P. C. do C.; CUNHA, L. de M. V. da. Viabilidade Agrônômica de Consórcios entre Alface e Rúcula no Sistema Orgânico de Produção. In: Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/CE – dezembro, 2011.

SILVA, J. K.M. da; OLIVEIRA, F. de A. de; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. da S. de; MESQUITA, L. X. de; efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.5, p.30-35, dezembro de 2008.

SOLINO, A. J. da S.; FERREIRA, R. de O.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E. de A.; SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ VENEGAS, V. H.; BARROS, N. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, p. 205-274, 2007.

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. G.; FIOREZE, S. Produção de rúcula e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Revista brasileira de ciências agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 230-235, abril – junho, 2011.

TAN, K. H. **Environmental soil Science**. 2nd. Ed. New Youk: M. Dekker, p. 452, 2000.

TEDESCO, M. J.; ZANOTTO, D. L. Utilização de resíduo alcalino da indústria de celulose na correção da acidez do solo. **Agronomia sulriograndense**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 329-336, 1978.

THOMASSON, A.J. Towards an objective classification of soil structure. **Journal of Soil Science**, 29:38-46, 1978.

TISDALE, S. I.; NELSON, W. I.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan, p. 754, 1985.

TOLEDO, F. H. S. F. de; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; DIAS, B. A. S.; VENTURIN, R, P.; MACEDO, R. L. G. Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.7, p.711–716, 2015.

TRIGUEIRO, R. M. Efeitos de “*dregs*” e “*grits*” nos atributos de um Neossolo Quartzarênico e na produção volumétrica de eucalipto. 2006. 73 f. **Tese** (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

VIEIRA, C. R.; WEBERB, O. L. dos S.; SCARAMUZZAB, J. F. Resíduos Orgânicos como Substrato para Produção de Mudas de Guanandi. **UNICIÊNCIAS**, v. 18, n. 2, p. 91-97, dezembro. 2014.