

TÓPICOS EM CIÊNCIAS DO SOLO



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Tópicos em ciências do solo

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238T Tópicos em ciências do solo

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2022

129 f.: il

DOI: 10.37423/2022.edcl584

ISBN: 978-65-5367-205-5

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. recurso-natural 2. formação 3. classificação 4. propriedades I. Barbosa, Frederico Celestino II.
Título

CDU: 333.72

<https://doi.org/10.37423/2022.edcl584>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2022

CAPÍTULO 1	6
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO PROCESSO DE SORÇÃO DA DELTAMETRINA	
Fernanda Benetti	
Paulo Roberto Dores-Silva	
Maria Diva Landgraf	
Maria Olímpia de Oliveira Rezende	
DOI 10.37423/220906556	
CAPÍTULO 2	14
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DA SOLUÇÃO DO SOLO REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE SOLOS DA EMPARN NO RIO GRANDE DO NORTE	
Silvio Roberto de Lucena Tavares	
Marco José da Nóbrega Freire	
DOI 10.37423/220906557	
CAPÍTULO 3	21
MÉTODO PARA ESTIMATIVA DE MACROPOROSIDADE EM LÂMINAS DELGADAS DE SOLOS POR MEIO DE ANÁLISE DE IMAGENS	
Eliane de Paula Clemente	
João Herbert Moreira Viana	
DOI 10.37423/220906566	
CAPÍTULO 4	31
EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE O RENDIMENTO DA CULTURA DA CEBOLA	
George Vargas Lopes Ohse	
Rafael Goulart Machado	
DOI 10.37423/220906573	
CAPÍTULO 5	51
DENSIDADE E POROSIDADE TOTAL DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO	
Ricardo Falqueto Jorge	
Cinara Xavier de Almeida	
Jordhanna Marília Silva	
Iago Radamés Garcia Duarte	
Luana Karolina Pena	
Leonardo Reis da Silva	
Stella Rabelo Rocha	
Danilo Ferreira Mendes	
DOI 10.37423/220906574	

CAPÍTULO 6 59

PROBLEMAS AMBIENTAIS: A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO E PERCEPÇÃO AMBIENTAL PARA OS RECURSOS HÍDRICOS

Aparecido Gonçalo Magalhães
Cícera Poliana Alves Figueirêdo
Maria de Fátima dos Santos
Sebastião Sampaio Ribeiro
Vagner Sales dos Santos
Raimunda Aureniza Feitosa
Patrícia Ferreira Alves
Janini Filgueira Rosas
Micaele Rodrigues Feitosa Melo
Willma José de Santana
DOI 10.37423/220906600

CAPÍTULO 7 76

ALTERAÇÃO NA MICROBIOTA PRESENTE EM SOLO DE CERRADO NATIVO EM DECORRÊNCIA DE SUA CONVERSÃO PARA CULTIVOS AGRÍCOLAS

Daniel Venâncio de Paula Correia
Douglas Siqueira Freitas
Bruna Wurr Rodak
Helder Barbosa Paulino
Marco Aurelio Carbone Carneiro
Henrique Amorim Machado
DOI 10.37423/220906611

CAPÍTULO 8 108

HIDROCARVÃO DE VINHAÇA E TORTA DE FILTRO COMO CONDICIONADOR DE SOLO - HYDROCHAR FROM VINASSE AND FILTER CAKE AS SOIL CONDITIONER

Miron de Paiva Menezes
Joachim Werner Zang
Warde Antonieta da Fonseca Zang
Rosana Aparecida de Freitas
Carolina Brom Aki de Oliveira
Carlos Eduardo da Cunha
Luiz Sávio Medeiros Teixeira
DOI 10.37423/220906612

Capítulo 1



10.37423/220906556

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO PROCESSO DE SORÇÃO DA DELTAMETRINA

Fernanda Benetti

Universidade de São Paulo

Paulo Roberto Does-Silva

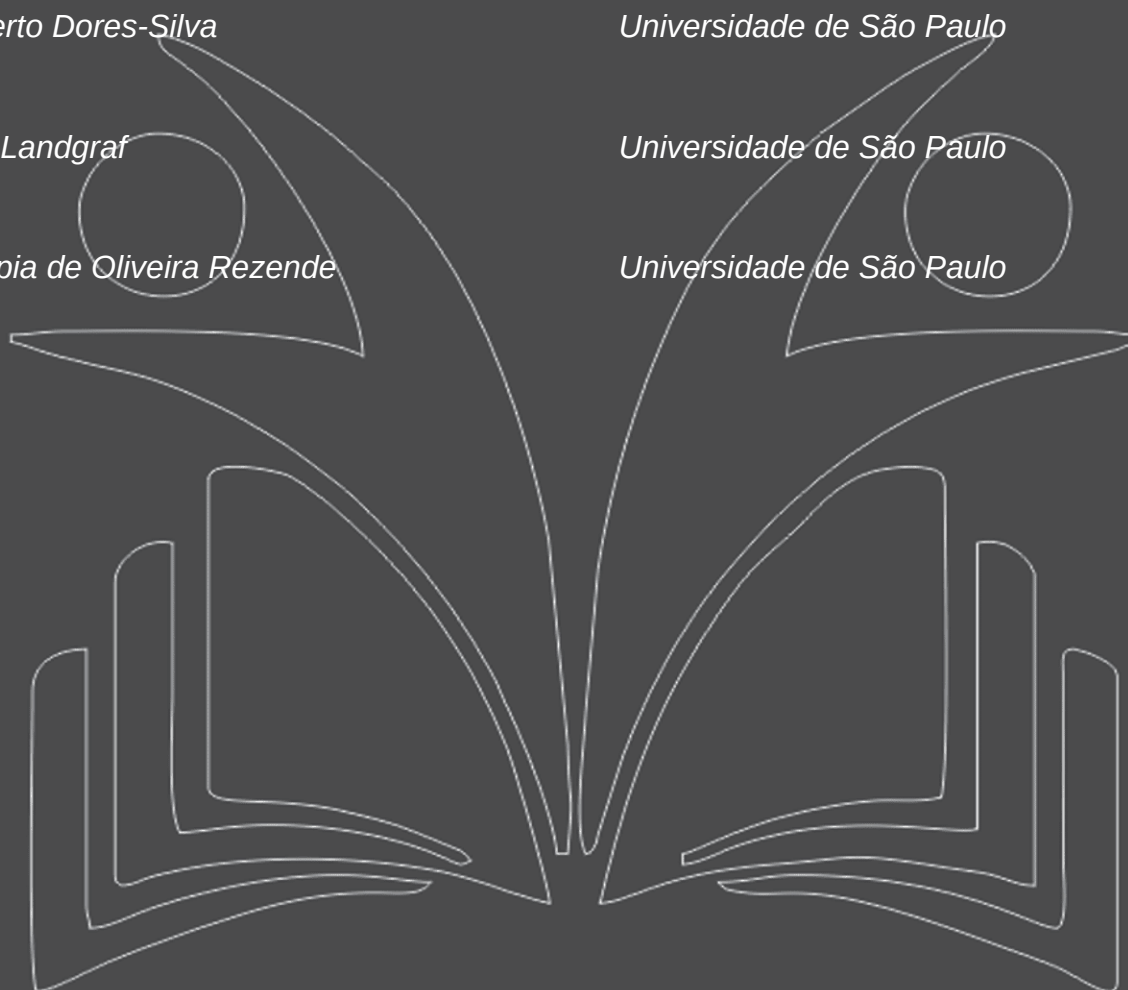
Universidade de São Paulo

Maria Diva Landgraf

Universidade de São Paulo

Maria Olímpia de Oliveira Rezende

Universidade de São Paulo



Resumo: O estudo de sorção de pesticidas é importante a fim de se preverem possíveis impactos ambientais decorrentes de processos de lixiviação/decomposição dos mesmos no solo. Logo, neste trabalho, foram estudados os processos de adsorção/dessorção, de acordo com equação proposta por Freundlich. Nos estudos de adsorção, solos com presença e ausência de matéria orgânica foram colocadas em contato com soluções crescentes de deltametrina em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ durante 12 h. Para os estudos de dessorção, para os mesmos solos foram acrescentados 10 mL de solução de CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e agitadas por 12 h.

Após centrifugação e filtração, as determinações foram feitas em cromatografia líquida de alta eficiência com detector de ultravioleta/visível (CLAE-UV). A constante de Freundlich foi muito elevada no solo onde houve presença de matéria orgânica, logo, a mesma tem maior influência no processo sortivo/dessortivo da deltametrina do que as argilas presentes no solo.

Termos de indexação: adsorção, dessorção, Freundlich

INTRODUÇÃO

O solo é constituído de três fases: sólida, líquida e gasosa. A fase sólida do solo, a mais importante nos processos de sorção, contém argilas minerais e matéria orgânica. A composição da parte inorgânica do solo depende do estágio de desenvolvimento deste. (Luchese et al., 2002)

O comportamento de poluentes orgânicos no solo é bastante complexo e é resultante de vários fatores, tais como a estrutura química do poluente em questão e a interação com os constituintes das diferentes frações contidas no solo (ácido húmico, ácido fúlvico, humina, argila, óxidos e etc.).

(Farghaly et al., 2013; Tavares & Nahas, 2014; Toni et al., 2006; Vieira et al., 1999; Yu et al., 2006) Esse comportamento pode ser influenciado por alguns fatores tais como: adsorção, volatilização, lixiviação, movimento e decomposição.

Destes processos, a adsorção/dessorção é um dos principais que regulam a concentração de um contaminante no solo e, conseqüentemente, a sua biodisponibilidade.

Saber se a adsorção inibe ou a dessorção aumenta a biodisponibilidade de um contaminante é de grande importância para uma melhor previsão do seu destino e efeitos ecológicos. De maneira geral, acredita-se que a sorção de contaminantes para o solo/sedimento reduz a sua biodisponibilidade. (Yu et al., 2006)

A adsorção é a interação do soluto (poluente orgânico) da fase líquida com a superfície das partículas da fase sólida do solo. É um processo determinante para se entender o comportamento dos herbicidas, pois está relacionado diretamente aos processos de transporte, adsorção e bioatividade deste no solo, influenciando diretamente na disponibilidade dos produtos para as plantas e na ação seletiva dos herbicidas pela interferência no seu deslocamento. (Rampazzo et al., 2013; Toni et al., 2006; Vieira et al., 1999)

O processo de decomposição opera também um importante desempenho na dissipação de muitos xenobióticos no solo. Seu desaparecimento pode também se dar por vários processos químicos, inclusive foto decomposição e reações químicas e podem ser influenciadas pelo pH, umidade, capacidade de troca catiônica, temperatura, matéria orgânica etc. (Vieira et al., 1999)

O objetivo do trabalho foi estudar como se comporta a sorção de deltametrina em solo calcinado e latossolo vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

O solo utilizado nos estudos de sorção (latossolo vermelho) foi coletado em área rural, de localização 21° 56' 6" S 47° 54' 16", no município de São Carlos, estado de São Paulo. O solo foi seco à temperatura ambiente e posteriormente macerado, sendo, em seguida, armazenado em vidraria apropriada, esterilizada e devidamente etiquetada.

Aproximadamente 300 g desse solo foi levada à mufla (EGG 1800) à 550°C por 4 h, a fim de eliminar a matéria orgânica presente.

SORÇÃO DE DELTAMETRINA EM LATOSSOLO VERMELHO E SOLO CALCINADO

Os ensaios de sorção foram realizados colocando-se 1,00 g de cada matriz em erlenmeyers de 150 mL e em cada frasco, adicionaram-se 10,0 mL de soluções em diferentes concentrações de deltametrina (Sigma Aldrich) (0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0 e 50,0 mg L⁻¹), tendo solução aquosa de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ como eletrólito-suporte. As amostras foram submetidas à agitação orbital em uma mesa agitadora (Tecnal – TE 140) do sistema matriz/solução por 12 horas, à temperatura ambiente e no pH natural da matriz. Em seguida, as amostras foram centrifugadas (Novatecnica NT810) por 15 min a 3000 rpm. Os sobrenadantes foram retirados cuidadosamente, filtrados em filtro de 0,45 µm e posteriormente analisados por CLAE, com detector UV-Vis (Shimadzu UFLC 20A), com as seguintes condições cromatográficas: comprimento de onda de 225 nm; coluna Zorbax Eclipse XDBC18 (250 x 4,6 x 5 µm); fluxo da fase móvel: 1,0 mL min⁻¹ em modo isocrático; composição da fase móvel (acetonitrila (90%) e água (10%)) e volume de amostra injetado: 20 µL).

Os resultados obtidos foram utilizados nos gráficos de sorção baseados na Equação de Freundlich (1).

$$x/m = K_f \times C_e^{1/n} \quad (1)$$

Foi calculado o erro estatístico a 95% de acordo com o teste t de Student.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deltametrina é adsorvida nas partículas sólidas do solo, pois ela apresenta baixa solubilidade em água (0,0002 mg L⁻¹, 25°C) e alto coeficiente de partição octanol/água (log K_{ow} = 4,6). Ela não lixivia,

sofre mineralização desprezível e degrada-se lentamente, com meia vida da ordem de 72 dias. (European Comission, 2002). Com base nisso, o piretróide pode permanecer no solo por muito tempo. As isotermas de adsorção/dessorção para deltametrina são apresentadas nas Figuras 1 e 2.

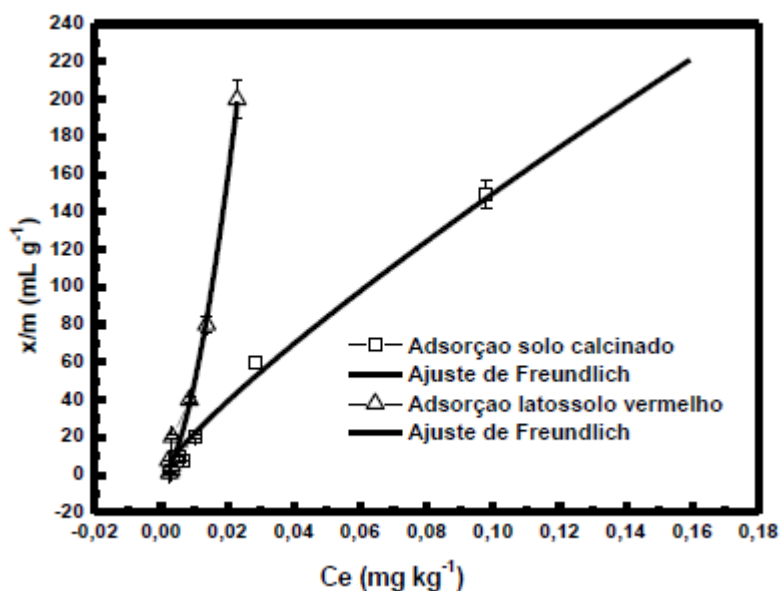


Figura 1 – Isotermas de adsorção para deltametrina em solo calcinado e latossolo vermelho. Pode-se observar que a adsorção no latossolo vermelho é maior quando comparado ao solo calcinado, provavelmente devido às diferenças de composição que acarretam diferenças estruturais entre ambos.

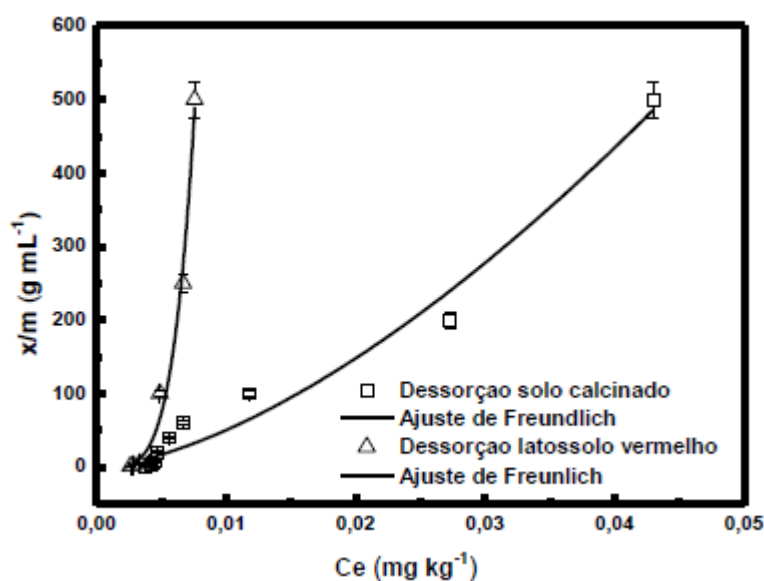


Figura 2 – Isotermas de dessorção para deltametrina em solo calcinado e latossolo vermelho. Destaque para a maior retenção do composto propiciada pelo latossolo vermelho.

A Tabela 1 mostra os valores de K_f , $1/n$ e R obtidos para as curvas de adsorção/dessorção de deltametrina.

Tabela 1 – Resultados de K_f , $1/n$ e R da adsorção/dessorção de deltametrina em solo calcinado (matriz 1) e latossolo vermelho (matriz 2).

Matriz	Adsorção			Dessorção		
	K_f	$1/n$	R	K_f	$1/n$	R
1	$1,02 \times 10^{-3}$	0,834	0,9989	$6,47 \times 10^{-4}$	1,55	0,975
2	$1,18 \times 10^{-5}$	1,69	0,9918	$2,28 \times 10^{-12}$	4,56	0,988

Na presença da matéria orgânica, os poluentes orgânicos podem promover uma variedade de interações sortivas através de equilíbrio reversível.

Esses processos também podem afetar a intensidade de bioatividade e lixiviação por parte destes compostos no ambiente, uma vez que a matéria orgânica apresenta uma série de sítios disponíveis para a interação. (Vieira et al., 1999).

A adsorção nos coloides do solo, especificamente na fração mineral, para a maioria dos pesticidas envolve diferentes mecanismos, tais como: fixação física, força de van der Waals, ligação de hidrogênio, ligação iônica, complexação através de íons metálicos, ligação hidrofóbica, complexo de transferência de carga, interações eletrostáticas e ligações covalentes também são possíveis (Vieira et al., 1999).

Como se pode observar pelos valores de K_f na Tabela 1, a adsorção da deltametrina no solo calcinado (livre de matéria orgânica) foi bem menor que aquela obtida com latossolo vermelho (com presença de matéria orgânica), o que sugere que a capacidade de adsorção da deltametrina aumenta devido à presença de matéria orgânica no solo.

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos avaliados

	pH	Matéria Orgânica (%)	Carbono (%)
Solo calcinado	$3,98 \pm 0,22$	0,00	$1,23 \pm 0,04$
Latossolo vermelho	$4,12 \pm 0,37$	$4,80 \pm 0,18$	$3,05 \pm 1,47$

A Tabela 2 apresenta alguns parâmetros físico-químicos dos dois tipos de solo estudados que foram avaliados para o estudo de adsorção/dessorção.

É interessante estudar a dessorção de pesticidas para que se possa quantificar o transporte de compostos orgânicos no solo. (Yu et al., 2006)

Analisando os valores de K_f de dessorção, houve processo semelhante ao da adsorção; a deltametrina dessorve menos em solo com presença de matéria orgânica, o que comprova que a presença de matéria orgânica causa um efeito alto no sistema de interação deltametrina e material adsorvente, promovendo uma menor liberação do composto durante o processo de dessorção, conforme mostrado na Tabela 2.

CONCLUSÕES

A matéria orgânica tem maior influência no processo de sorção da deltametrina do que as argilas minerais presentes no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IQSC pelo suporte e à FAPESP e ao CNPq pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

- EuropeanComissionDirectorateGeneral(2002).Deltamethrin.Disponívelem:<http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/existactive/list1-31_en.pdf>. Acesso em 5 jan. 2015.
- FARGHALY, M. F. M., ZAYED, S. M. A. D., & SOLIMAN, S. M. Deltamethrin degradation and effects on soil microbial activity. *Journal of Environmental Science and Health, Part. B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 48: 575–81, 2013.
- LUCHESI, E. B., FAVERO, L. O. B., & LENZI, E.. Fundamentos da Química do solo: teoria e prática 2a ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 159p.
- RAMPAZZO, N., RAMPAZZO TODOROVIC, G., MENTLER, A., & BLUM, W. E. H. Adsorption of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in soils. *International Agrophysics*, 27: 203–209, 2013.
- TAVARES, R. L. M., & NAHAS, E.. Humic fractions of forest, pasture and maize crop soils resulting from microbial activity. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45: 963–969, 2014.
- TONI, L. R. M., SANTANA, H. S., & ZAIA, A. M. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. *Química Nova*, 29: 829–833, 2006.
- VIEIRA, E. M., DO PRADO, A. G. S., LANDGRAF, M. D., & REZENDE, M. O. O. Estudo da adsorção/dessorção do ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4D) em solo na ausência e presença de matéria orgânica. *Química Nova*, 22: 305–308, 1999.
- YU, Y. L., WU, X. M., LI, S. N., FANG, H., ZHAN, H. Y., & YU, J. Q. An exploration of the relationship between adsorption and bioavailability of pesticides in soil to earthworm. *Environmental Pollution*, 141: 428–433, 2006.

Capítulo 2



10.37423/220906557

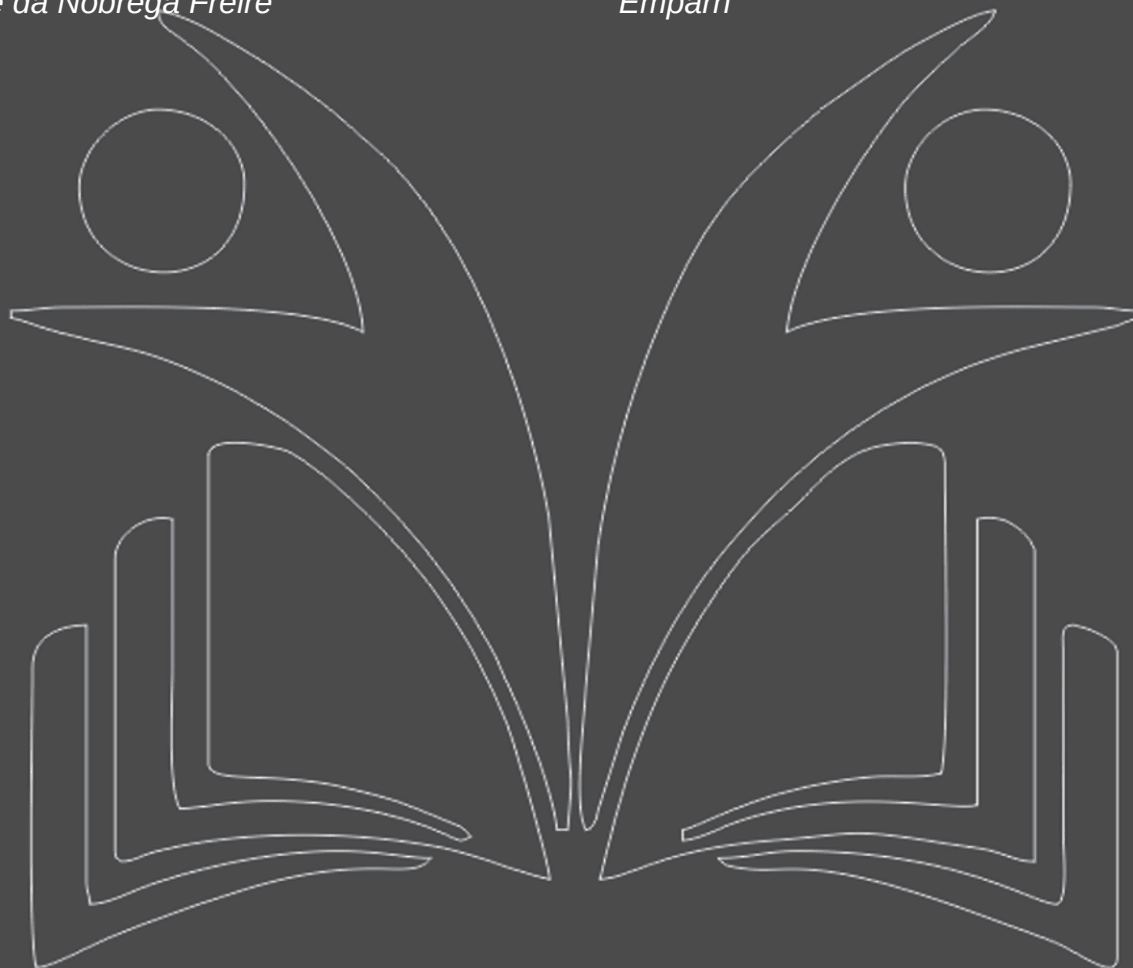
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DA SOLUÇÃO DO SOLO REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE SOLOS DA EMPARN NO RIO GRANDE DO NORTE

Silvio Roberto de Lucena Tavares

Embrapa Solos

Marco José da Nóbrega Freire

Emparn



INTRODUÇÃO

O conhecimento da composição iônica da solução do solo é de grande importância para o monitoramento da disponibilidade de nutrientes e manejo da adubação para as culturas agrícolas e florestais, bem como para investigações de contaminação ambiental. Desta maneira, várias metodologias que estimem a composição iônica desta solução são utilizadas e bem aceitas na literatura. Este trabalho teve como objetivo, avaliar aleatoriamente o desempenho de dois métodos de extração e avaliação da solução do solo (Pasta de Saturação e Relação Solo: Água) praticados no Laboratório de Água, Solo e Planta da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN e verificar se as metodologias tem entre si correlações aceitáveis para uso pelos diversos clientes deste laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

Essas avaliações foram realizadas no mês de abril de 2015. Foram escolhidos aleatoriamente no banco de solos do laboratório 4 amostras de clientes externos para fins de fertilidade em classes de texturas de solos bem características das maiores das amostras que chegam ao laboratório da EMPARN. As amostras foram classificadas texturalmente como: 1- Franco; 2- Franco Argilo Arenoso; 3- Franco Arenoso e 4- Areia. As análises foi subdivididas em duas etapas (obtenção da solução pelos métodos relações solo-água e via pasta de saturação).

Como as amostras são depositadas para análises no laboratório visando financiamento de projetos de irrigação pelo Banco do Nordeste do Brasil, esta instituição fomentadora de crédito exige as análises químicas para fins de fertilidade do solo (pH, Ca, Mg, Al, H + Al, P, K, Na, Fe, Zn, Cu e Mn); e físicas (Densidade Global (Dg); Condutividade Elétrica (Ce), % Saturação por Na, Capacidade de Campo (CC), Ponto de Murcha Permanente (PMP), Umidade Atual (Ua), % Areia, % Silte e % Argila).

O experimento foi desenvolvido em esquema inteiramente casualizados com três repetições e quatro tratamentos representados pelas soluções de saturação (Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação e Relações solo-água 1:2,5; 1:5; e 1:10). Os dados foram avaliados com o uso de parâmetros da estatística descritiva (média e desvio padrão) e ajuste de equações de regressão.

Para a obtenção dos extratos da pasta de saturação, foram pesados 500 g da TFSA em recipientes apropriados adicionando-se água destilada até que atingisse o ponto de pasta de saturação representado pelo aspecto espelhado e deslizamento da pasta da espátula, como o descrito por

Richards (1954); em seguida, vedaram-se os recipientes para evitar perdas de água da pasta por evaporação, mantendo as pastas nestas condições por 16 horas, logo após esse intervalo, as pastas foram colocadas em sistema de vácuo (funil de Büchner-kitassato-bomba) para a obtenção dos extratos de pasta de saturação acondicionando-os em tubos Falcons de 50 mL hermeticamente fechados e mantidos sob refrigeração para análises posteriores.

Com os dados da relação água de saturação e massa de solo seco em estufa determinou-se a umidade gravimétrica do solo na pasta de saturação (Ups) obtendo-se a umidade de saturação (%S).

O restante da TSFA não utilizada na pasta de saturação foram utilizadas no ensaio preparando-se as proporções solo:água (massa:volume): 1:2,5; 1:5 e 1:10; para isso, pesaram-se 20 g de TSFA em tubos Falcons de 50 mL nos quais foram adicionados quantidades de água destilada para manter as diferentes proporções. Os conjuntos tubosolo- água foram agitados em agitador Tipo Wagner, a 50 rpm, durante 10 min. Após esse procedimento as amostras ficaram em repouso durante 1 h e só então realizou-se uma nova agitação, pelo mesmo período de tempo. Para as soluções extraídas pelo método de diluição solo:água foram medidas suas respectivas Condutividades Elétricas (CE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observaram-se equações de regressões lineares significativamente positivas ($P < 0,01$) entre a CE do extrato de saturação do solo (CEes) e as CEs obtidas nos diferentes extratos solo:solução. Tanto nas condutividades elétricas medidas com ou sem correção da umidade (Tabelas 1 a 3 e Figuras 1 a 8) as curvas se mostram apropriadas, sobretudo para as extrações solo:solução (1:1; 1:2,5 e 1:10). A grande questão que permeia o meio científico da ciência do solo no mundo todo é a aderência destes modelos matemáticos, principalmente os das extrações solo:solução (principalmente a mais utilizada (1:5)) a real condutividade do solo e sua disponibilidade para as plantas.

Os fatores que mais influenciam a diluição 1:5, segundo Rayment & Higginson (1992), são: a) Solos com sais pouco solúveis apresentam valores de CE mais elevadas de que de outra forma seria esperado com razões de diluições inferiores mas comumente encontrados na água real do solo; b) Solos que contém mais de 1% de gesso, a CE é susceptível de ser subestimada, pois o gesso não se dissolverá completamente na diluição 1:5.

Souza et al. (2013) observaram que, ao corrigir os valores da CE medidos por capsulas porosas de extratores de solução do solo por meio da umidade atual no momento da extração e com a umidade da pasta de saturação, consegue-se uma equação que evidencia a recomendação de uso dos

extratores de cápsulas porosas em substituição à pasta de saturação. Isto foi possível de ser visualizado pelo perfeito ajuste das retas (CE X Umidade ajustada) obtidas em seu trabalho. Quando não foi feita a correção da umidade, os valores de CE são superestimados, uma vez que a umidade no momento da extração das soluções via cápsula, comumente em condição de solo não saturado, é menor do que a umidade via extração da pasta de saturação.

Segundo Hardie & Doyle (2012) a determinação da salinidade do solo a partir da solução 1:5 tem sido amplamente utilizada na Austrália devido a uma considerável base de dados de solos australianos sistematizados que permite uma comparação entre os diferentes solos daquele país.

Segundo os autores, vários parâmetros afetam os resultados e comparações entre o método 1:5 e pasta de saturação, mas o mais importante é a variação da textura dos solos e vários coeficientes são usados para converter a CE_{1:5} para a CE.

http://www.agric.wa.gov.au/content/lwe/salin/smeas/salinity_units.htm Com base nas relações estabelecidas entre a CE_e e os valores de condutividade elétrica das três relações solo: água avaliadas (CE_{1:2,5}; CE_{1:5} e CE_{1:10}) nota-se alta relação existente entre as variáveis relacionadas em que todas apresentaram valores de coeficiente de determinação acima de 0,90; portanto, pode-se afirmar que é possível estimar CE_e através do preparo de extratos aquosos, uma maneira bem mais rápida e prática, quando comparado com o método padrão estabelecido por Richards (1954). Pereira et al. (1981) em um estudo semelhante correlacionando CE_e com CE_{1:5}, encontraram, trabalhando com solos afetados por sais no nordeste brasileiro, alta correlação entre suas variáveis podendo estimar a CE_e com bastante precisão através da equação de regressão encontrada em seu trabalho ($R^2 = 0,99$).

Souza et al. (2013) encontraram regressões com os pontos bem aderidos às suas curvas com altos R^2 ($>0,98$) evidenciando a confiabilidade dos extratos aquosos, ratificadas pelos valores dos coeficientes de determinações com ou sem amostras filtradas para leituras de CE. Dias et al. (2005) obtiveram, trabalhando com seis níveis de salinidade em Latossolo Vermelho, relação linear ($CE_e = 4,4519 CE_{1:2} + 0,0242$) com $R^2 = 0,9129$, entre os extratos 1:2 e a condutividade elétrica medida no extrato de saturação do solo.

No laboratório de solos da EMPARN, geralmente quando algumas amostras são oriundas de solos conhecidos que não se enquadram com parâmetros que possam comprometer as bases comparativas entre a CE_e e CE do extrato 1:5 (mais usada no mundo, principalmente nos Laboratórios de Salinidade dos EUA), essa extração com essa diluição (1:5) é utilizada e os valores são correlacionados a seguinte equação de regressão: $CE_e = 10,7546 CE_{1:5} - 0,6939$ Como os solos do Rio

Grande do Norte apresentam uma certa variabilidade espacial, esta correlação deve ser usada mais para os solos com baixo conteúdo de silte e principalmente de argila em sua constituição; para solos geneticamente ou antropicamente não salinos e para solos com baixo teores de gesso. Desta forma, torna-se necessário um estudo mais aprofundado dos solos do estado (principalmente de suas variações texturais e conhecimento dos tipos de argilas presentes), para se determinar com maior precisão possível outros polin mios que possam bem correlacionarem a $CE_{1:5}$ e a CEes para a maioria dos solos analisados na EMPARN.

Dada a relativa simplicidade da determinação da CE pelo extrato 1:5 e custo e tempo muito reduzido em relação a determinação da condutividade elétrica pela pasta (extrato) de saturação (CEes)   extremamente desejável que se converta os valores de $CE_{1:5}$ para valores de CEes-e (Condutividade Elétrica do estrato saturado equivalente). No entanto, essa conversão não é simples, devido ao efeito da textura, teor e tipo de argila e a porosidade do solo sob a condutividade elétrica. Para que esses efeitos sejam minimizados, tornam-se necessários que se determine os fatores de conversões (coeficientes) sejam desenvolvidos para diferentes classes de textura dos solos potiguaros para que se possa converter valores de $CE_{1:5}$ para CEes-e, como fez os cientistas de solos da Austrália (http://www.agric.wa.gov.au/content/lwe/salin/smeas/salinity_units.htm). Logo, preocupações existem com a aplicação universal de tais coeficientes, pois existem poucas literaturas no mundo para apoiar as diferenças regionais nos fatores de conversões, apresentados pelos cientistas australianos.

Outra importante contribuição que o estabelecimento desses parâmetros podem realizar é a apresentação de uma tabela de classe de salinidade dos solos potiguaros baseada na Condutividade Elétrica estabelecida na pasta de saturação equivalente (CEes-e) correlacionada com a Condutividade Elétrica dos valores correspondentes a diluição 1:5 ou 1:2,5 (que é a diluição padrão para se determinar o potencial hidrogênionico do extrato solo:solução de água destilada). Tabela desta maneira foi desenvolvida na Austrália (Tabela 4) e é extremamente útil para programas de monitoramento e manejo de solos tanto para fins de fertilidade, como para fins de processos de salinização e contaminação ambiental dos solos, além disto, serve como parâmetro preventivo para a ocorrência dos processos de salinização em áreas onde se pratica a irrigação e o uso de grandes quantidades de adubo. Outra vertente mais moderna do uso dessas tabelas e em determinações de campo, são as inúmeras utilidades dessa metodologia para a agricultura de precisão, como meio, principalmente de baratear os grids amostrais e estabelecer e monitorar diversos parâmetros do solo e da solução do solo correlacionados diretamente com a condutividade elétrica da solução do solo.

CONCLUSÕES

1. As diferentes extrações solo:água (1:2,5; 1:5 e 1:10) para determinar a condutividade elétrica apresentam-se como alternativa viável para a extração da solução do solo e monitoramento da condutividade elétrica e composição iônica.
2. Os valores de condutividade elétrica determinados através dos extratos aquosos em diferentes proporções (1:2,5; 1:5 e 1:10) apresentam ajustes lineares com elevados coeficientes de determinação quando confrontados com aqueles determinados pelo método padrão (mais usual) da pasta de saturação.
3. Quando o intuito é somente a determinação da condutividade elétrica para fins de monitoramento do manejo do solo, é recomendado a utilização da diluição solo:água (de preferência 1:2,5 que é a mesma usada para se determinar o pH do solo) nos intervalos do manejo como modo de baratear e viabilizar um grande número de determinações da CE no tempo e no espaço geográfico.

REFERÊNCIAS

- DIAS, N. Da S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. De; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.496-504, 2005.
- HARDIE, M. & DOYLE, R. *Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols, Methods and Molecular Biology*, vol. 913, Sergey Shabala and Tracey Ann Cuin (eds.), © Springer Science+Business Media, LLC 2012.
- Land and Water Australia (2009) *Saltland solutions, options for saltland restoration*. Future Farm Industries CRC, Land Water and Wool SGSL, Canberra, ACT.
- PEREIRA, F. A. M.; FERNADES, M. B.; ETCHEVERS, J.D. & GHEYI, H. R. Efeito da relação solo-água na condutividade elétrica. *Agropecuária Técnica*, v.2, p.148- 154, 1981.
- RAYMENT, G. E. & HIGGINSON, F. R. (1992) *Australian laboratory handbook of soil and water chemical methods*. Inkata Press, Melbourne.
- RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and álcali soils*. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. USDA, Agriculture Handbook 60.
- SOUZA, E. R. de; MELO, H. F. de; ALMEIDA, B. G. de & MELO, D. V. M. de. Comparação de métodos de extração da solução do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.5, p.510-517, 2013.

Capítulo 3



10.37423/220906566

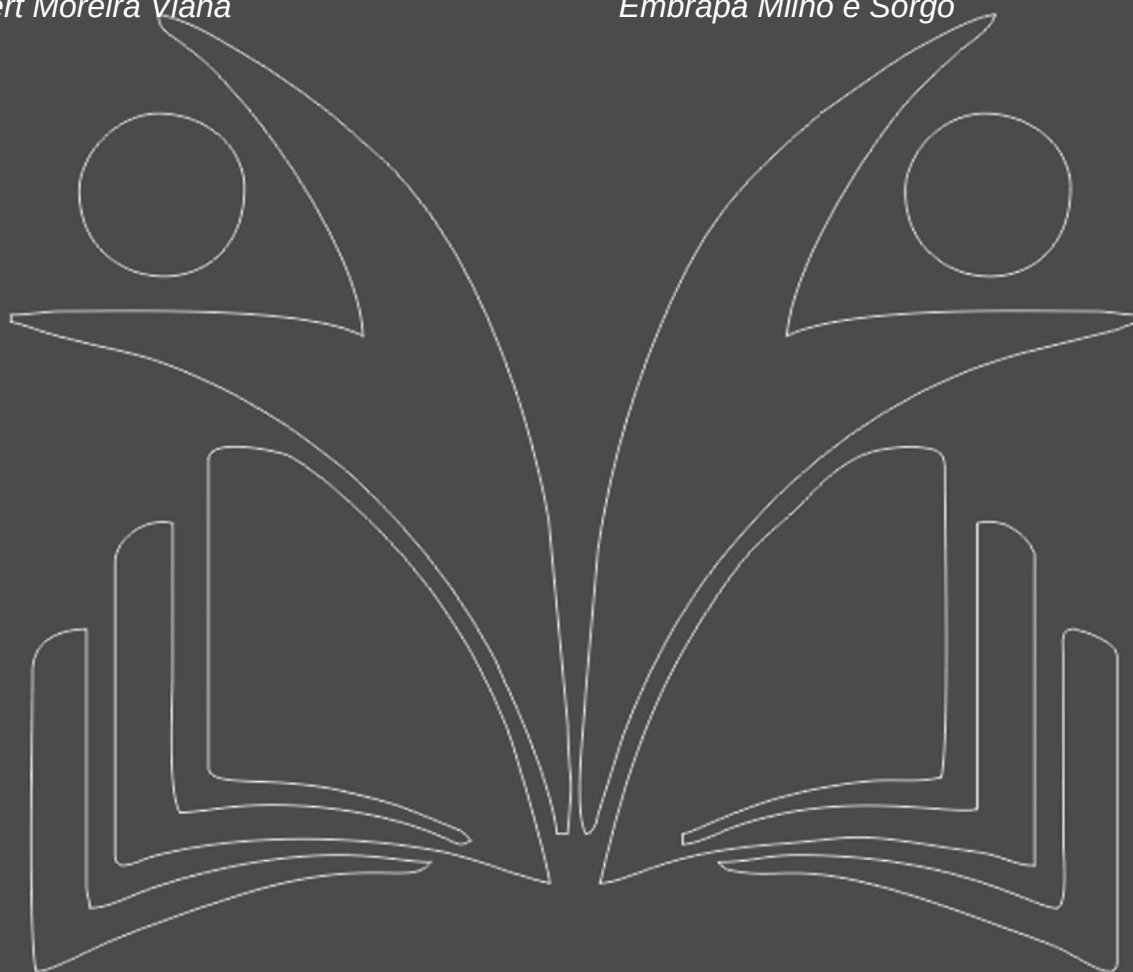
MÉTODO PARA ESTIMATIVA DE MACROPOROSIDADE EM LÂMINAS DELGADAS DE SOLOS POR MEIO DE ANÁLISE DE IMAGENS

Eliane de Paula Clemente

Embrapa Solos

João Herbert Moreira Viana

Embrapa Milho e Sorgo



Resumo: A micromorfologia é uma técnica que tradicionalmente vem sendo utilizada de forma qualitativa no estudo da gênese do solo e na avaliação e no monitoramento de diversas práticas agrícolas. Com o auxílio das técnicas de processamento e análise digital de imagem, a micromorfologia é capaz de fornecer resultados quantitativos de macroporosidade e composição, além de possibilitar a visualização das alterações estruturais causadas pelo uso do solo. Este trabalho teve por objetivo avaliar um método de análise de imagens e quantificação da macroporosidade utilizando os softwares gratuitos ImageJ e Hypercube. Os resultados mostraram que o procedimento é simples e rápido e produz resultados compatíveis com os dados obtidos por métodos convencionais.

Termos de indexação: micromorfologia; estrutura de solos; porosidade.

INTRODUÇÃO

A micromorfologia tem sido, há décadas, importante ferramenta para o estudo de solos. Embora inicialmente de caráter basicamente descritivo e qualitativo, a disponibilidade de ferramentas e programas computacionais para análise e quantificação em imagens tem proporcionado a evolução para uma abordagem mais quantitativa. No entanto, dada a complexidade do meio em estudo e sua natural heterogeneidade, os procedimentos necessitam um contínuo desenvolvimento e adaptação, para que resultados reprodutíveis e acurados sejam obtidos. Outra demanda é a automação dos procedimentos para ganho de produtividade, em função do tempo necessário para separação de feições de interesse, quando se usam procedimentos totalmente manuais. Vários detalhes e peculiaridades dos métodos também precisam ser adequadamente entendidos, para se evitar o uso inadequado destas ferramentas.

A avaliação da estrutura do solo é necessária para um entendimento completo da morfologia dos solos, e requer o uso de diversas técnicas, incluindo a análise micromorfológica. Essa técnica tem sido aplicada em vários trabalhos sobre a gênese do solo e na avaliação de efeitos de manejo e de práticas agrícolas nas propriedades físicas do solo (Castro et al., 2003). As técnicas de processamento e análise digital de imagem aplicadas à micromorfologia permitem gerar resultados quantitativos de alguns atributos, e também a visualização dos impactos na estrutura causados pela compactação e pelo adensamento (Castro et al., 2003; Clemente et al., 2005). É possível seu uso para a avaliação quantitativa da dinâmica estrutural em amostras indeformadas (Viana et al., 2004). O preparo das lâminas deve seguir os protocolos já desenvolvidos e que permitem manter a estrutura original do solo (Cooper et al. 2017).

A análise de imagens permite mensurar feições morfológicas que podem auxiliar a interpretação do comportamento físico da amostra. A análise geralmente é feita a partir de imagens digitais obtidas por sensores acoplados a microscópios, lupas ou scanners de mesa. As imagens devem ser processadas por softwares adequados, e quantificadas com base em parâmetros morfológicos já reconhecidos e descritos na literatura. Existe hoje a opção de programas gratuitos, disponíveis na internet e já reconhecidos e usados amplamente na comunidade científica para a análise e mensuração de imagens digitais, destacando-se o ImageJ 1.47t (Ferreira e Rasband, 2012), que, além dessas características, permite também o desenvolvimento de rotinas para outras medidas específicas através de pluggins.

Este trabalho visa estabelecer procedimentos para quantificação da porosidade em lâminas delgadas de solo, a partir de imagens obtidas por microscopia ótica convencional, com o uso de programas

científicos gratuitos de análise e tratamento de imagens disponíveis na Internet. O método visa auxiliar os procedimentos de análise e interpretação micromorfológica de lâminas delgadas, possibilitando a quantificação de regiões homogêneas por meio de algoritmos de classificação (semi) automática. Desta forma, à interpretação puramente qualitativa pode ser agregada a análise quantitativa de feições de interesse, e a extrapolação para volumes das áreas pode ser possível quando as condições de estereologia forem atendidas. Os procedimentos são descritos de forma a padronizar e permitir maior reprodutibilidade de resultados.

MATERIAL E MÉTODOS

DESCRIÇÃO DO MÉTODO DA QUANTIFICAÇÃO DE POROS

O método foi desenvolvido para quantificação de regiões com características homogêneas e claramente discerníveis em imagens de lâminas delgadas para micromorfologia de solos, obtidas por meio de câmeras acopladas a microscópios óticos ou lupas binoculares, ou por meio de scanners de alta resolução. De forma resumida, inicialmente são aplicados tratamentos à imagem digital para redução de ruídos e realce de cores. Seguem-se a separação e quantificação de zonas similares da imagem por meio de algoritmo de classificação supervisionada. Esta classificação é interpretada por inspeção e comparação com a imagem original, e os valores de área para cada região homogênea são tabelados e computados.

No caso da porosidade em amostras de solos, a utilização de um corante na resina de impregnação para melhorar o contraste facilita a separação correta de áreas de poros e a correta interpretação de feições. Inicialmente são tomadas as imagens digitais e transferidas para computador. Recomenda-se que as imagens sejam gravadas e processadas em formatos de arquivo de imagem não comprimidos, como o TIFF. A imagem a ser processada deve então ser aberta e trabalhada no programa ImageJ (Abramoff et al., 2004; Schneider et al., 2012; Rasbane, 2014).

Recomenda-se cortar as bordas da imagem para excluir das análises as partes da lâmina sem material ou com material muito fino, trabalhando-se apenas na parte central da imagem salvando-se como uma nova imagem TIF. Nesta nova imagem serão então feitos os demais procedimentos. Aplica-se o filtro de mediana para redução de ruído: Process>Filters>Median... (Radius=2.0).

Procede-se ao ajuste de brilho e contraste (por ajuste visual): Image>Adjust>Brightness/contrast. Salva-se a imagem gerada com novo nome. O procedimento de separação e quantificação da porosidade (ou outra feição de interesse) é feito usando-se o programa Hypercube (Pazak, 2015;

http://www.erdc.usace.army.mil/Media/FactSheets/FactSheetArticleView/tabid/9254/Article/476681/hy_percube.aspx). Abre-se a imagem no programa Hypercube. File>Open...>Load TIFF data. Converte-se a imagem para o “cubo”: Image>Convert image>Color to cube>BRG Cube. Nesta nova “imagem” com a extensão cube, procedesse à classificação: Function>Classify>Color to cube>BRG Cube. Na caixa de opções (pop-up) assinalar o método “k-means”: Method>K means. Clicar o botão de “options” e colocar o número de classes (a depender da análise, geralmente de 10 a 30): Number of classes>24. Clicar o botão de “Classify” e aguardar o processamento. Ao término do processamento, colocar a imagem em sua última camada usando os botões no canto superior esquerdo e converter para uma nova imagem TIF, salvando-a em seguida: Image>Convert image>Color to indexed>256. Gerar a tabela com as classes: Function>Plot>Histogram>Window (class map). Salvar a tabela do class map: File>Save. Analisar na imagem classificada (“cube”), correndo o mouse sobre a mesma, identificando o número da classe que corresponde ao atributo de interesse, anotando o mesmo. Este número, que aparece quando o mouse está sobre o campo, é o mesmo da tabela “class map”, já salva, que poderá ser editada em planilha.

APLICAÇÃO

Os procedimentos descritos foram aplicados a um conjunto de lâminas delgadas, proveniente dos perfis de solos amostrados na comunidade de Faraó em Cachoeiras de Macacu/RJ (Quadro 1).

Quadro 1 – Caracterização dos solos estudados

Perfil	Classificação	Uso	Altitude (m)	Relevo	Situação
P1	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura argilosa pouco cascalhenta, A moderado	Banana	68	Ondulado	Declivoso
P2	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura média pouco cascalhenta, A moderado	Banana	228	Ondulado	Terço médio
P3	LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa, A moderado	Pupunha	214	Montanhoso	Terço médio
P4	CAMBISSOLO FLÚVICO Tb distrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado	Banana	48	Suave ondulado	Área plana de terraço fluvial
P5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, epieutrófico	Pastagem	59	Forte ondulado	Terço médio
P6	CAMBISSOLO HÁPLICO tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	Banana/floresta	303	Forte ondulado	Terço médio
P7	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	Mandioca	70	Suave ondulado	Terço médio
P8	CAMBISSOLO HÁPLICO tb Distrófico típico, textura média, A moderado, epieutrófico	Banana	159	Ondulado	Terço médio
P9	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	Banana	419	Montanhoso	Terço médio

Estes perfis são provenientes de oito propriedades rurais, as quais representavam as diferentes cotas de relevo da comunidade e que apresentavam diferentes sistemas de produção, se destacando o cultivo de banana, aipim, pupunha e pasto. Os perfis estudados estão inseridos em diferentes propriedades rurais, as quais apresentam relevo bastante distinto. Os solos foram classificados como Latossolos e Cambissolos, sendo que em todas as propriedades que tiveram os solos classificados como Cambissolos, a banana é o principal componente do sistema produtivo. Já nos Latossolos, a produção é mais diversificada, com pastagem, pupunha e mandioca.

Em cada propriedade foi aberta uma trincheira para descrição e coleta de um perfil de solo. Para a coleta das amostras a serem analisadas micromorfológicamente, coletou-se uma amostra indeformada, na profundidade de 10 a 20 cm do perfil de solo amostrado e confeccionadas lâminas delgadas de 2,5 x 1 cm (Figura 1).

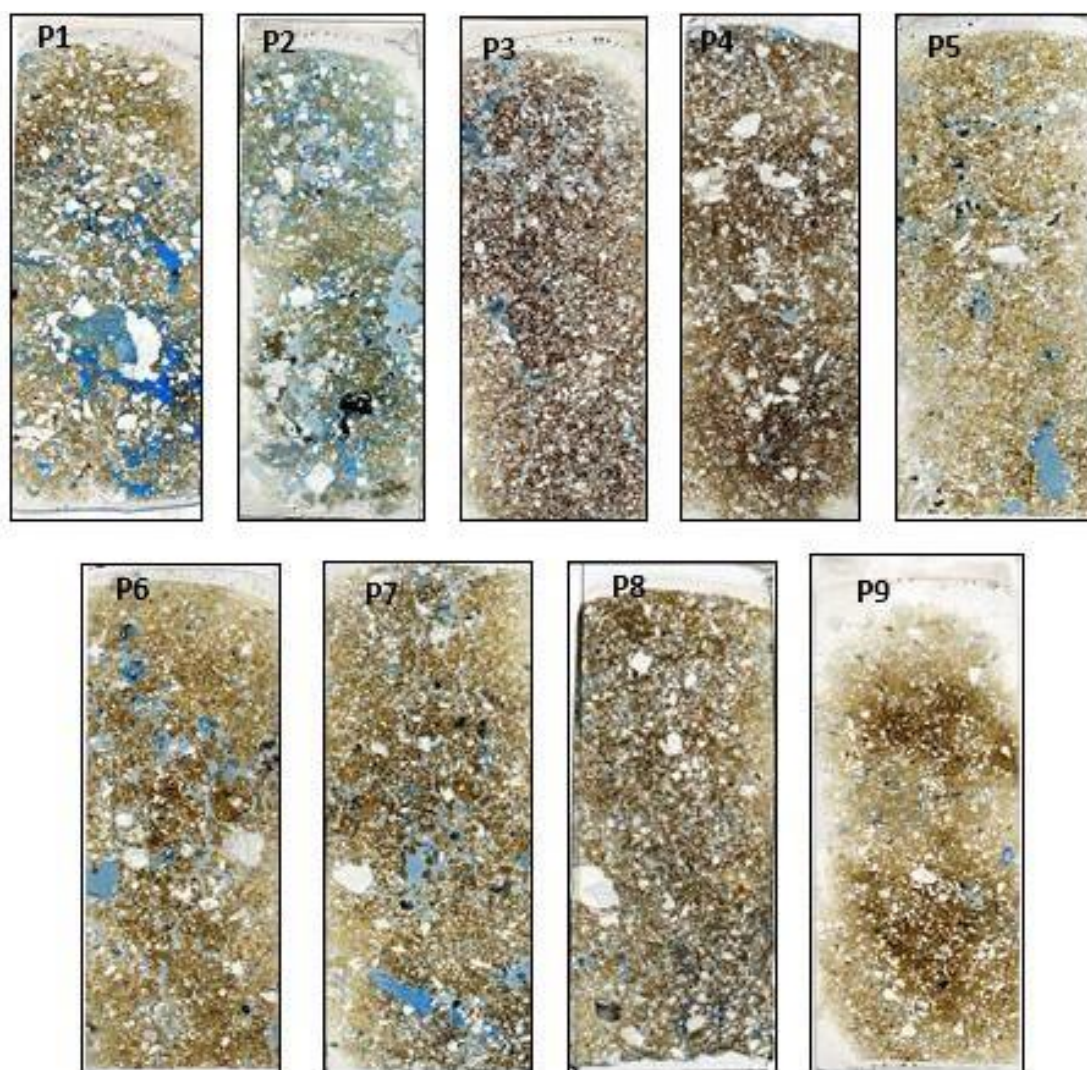


Figura 1 – Imagens obtidas de lâminas delgadas em scanner V700 Photo, na resolução de 3600 dpi. Cada amostra foi processada nos programas acima descritos gerando a sequência de transformação da imagem (Figura 2).

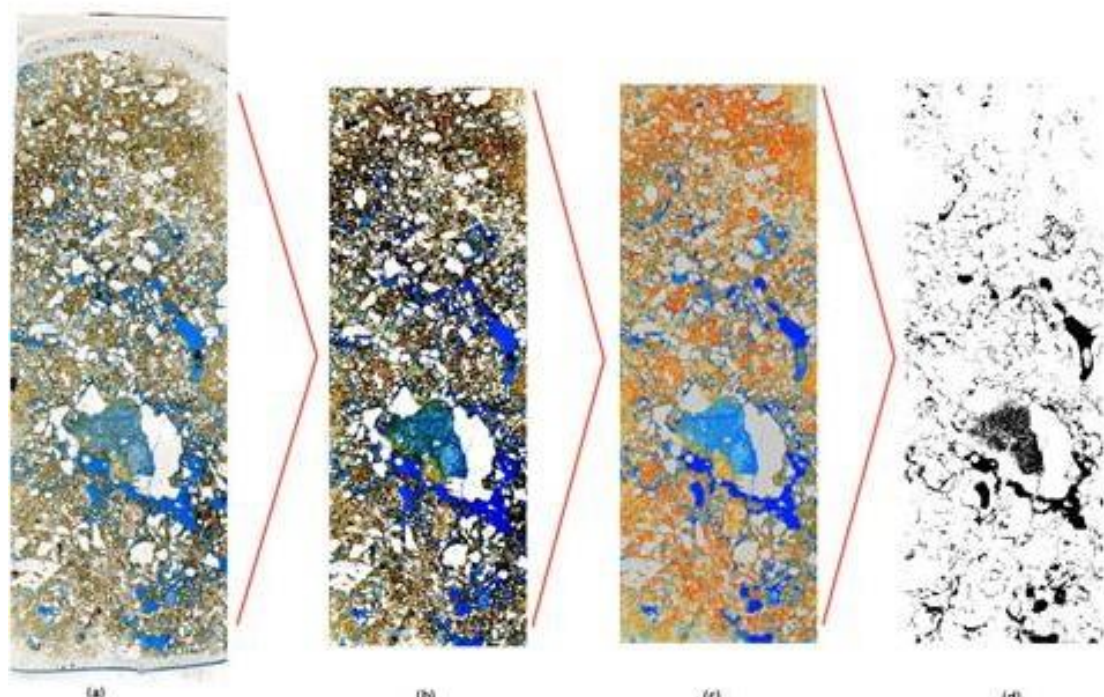


Figura 2 - Sequência de aplicação a lamina delgada de solo. a) Imagem inicial da lâmina; b) recorte tratado por filtragem e realce; c) imagem classificada; d) porosidade medida, em preto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível separar a porosidade visível de forma rápida e sem necessidade de ajustes manuais pelo uso dos procedimentos descritos, de forma semi-automática. Os resultados obtidos (Quadro 2) indicam que a macroporosidade, medida por este método, foi afetada pelo uso do solo. O perfil 5, o único com pastagem, apresentou a menor porosidade. A maior porosidade foi a do perfil 2, um Cambissolo com produção de banana. Nos demais perfis a macroporosidade é bastante semelhante. Os valores absolutos de porosidade passíveis de medida por este método são limitados pela resolução da imagem, daí a comparação com outros métodos, como os resultados da mesa de tensão, vão depender da magnificação e do tamanho da área medida, o que não limita o potencial para seu uso.

Esses resultados auxiliaram o estudo do diagnóstico do solo feito nessa comunidade, permitindo uma melhor caracterização da porosidade do solo e consequentemente entender o fluxo de infiltração de água nessas propriedades, colaborando com o trabalho realizado por Clemente et al. (2017) sobre erodibilidade dos solos nessas áreas. Todas as informações auxiliaram as tomadas de decisão quanto a práticas de técnicas conservacionistas sugeridas para um manejo mais adequado para estas áreas, como podem ser vistas em Martins et al. (2014).

Quadro 2 – Macroporosidade avaliada pela análise de imagem nos perfis.

Perfil	Classificação	Porosidade total	Macroporosidade	Densidade do solo (g/cm ³)	Densidade do solo (g/cm ³)
P1	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura argilosa pouco cascalhenta, A moderado	48,78	17	1,26	2,46
P2	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura média pouco cascalhenta, A moderado	61,07	27	0,95	2,44
P3	LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa, A moderado	57,44	15	1,03	2,42
P4	CAMBISSOLO FLÚVICO Tb distrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado	49,03	13	1,03	2,59
P5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, epieutrófico	38,89	12	1,54	2,52
P6	CAMBISSOLO HÁPLICO tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	52,65	17	1,16	2,45
P7	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	49,61	16	1,28	2,54
P8	CAMBISSOLO HÁPLICO tb Distrófico típico, textura média, A moderado, epieutrófico	57,79	11	1,03	2,44
P9	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	43,20	12	1,17	2,50

CONCLUSÕES

Foi possível obter a medida da macroporosidade de forma semi-automática e com procedimentos rápidos e padronizados. Os resultados indicam que o método apresenta potencial para aplicação em estudos de avaliação de uso do solo, mas é limitado pela resolução da imagem utilizada.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOFF, M.D., MAGALHAES, P.J., RAM, S.J. "Image Processing with ImageJ". Biophotonics International, volume 11, issue 7, pp. 36-42, 2004.
- CASTRO, S.S. de; COOPER, M.; SANTOS, M.C.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de; LOPES, A.S.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.107-164.
- CHAGAS, A. C. Propriedades físicas, mecânicas, químicas e micromorfológicas de um LATOSSOLO VERMELHO sob cerrado e submetido dois sistemas de manejo, em Dom Aquino, MT. Tese Magister Scientiae (Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas). Viçosa : UFV, 2004. 68 f
- CLEMENTE, E. de P.; OLIVEIRA, A. P. de; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. da S.; SCHULER, A. E.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M. G. Erodibilidade dos solos da Região Serrana do Rio de Janeiro obtida por diferentes equações de predição indireta. Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 262, 2017.
- CLEMENTE, E.P.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAES, R.F.; VIANA, J.H.; BARROS, N.F. Soil compaction around Eucalyptus grandis roots: a micromorphological study. Australian Journal of Soil Research. v. 43, n. 2, 139-146, Mar. 2005.
- CLEMENTE, E. de P.; VIANA, J. H.M. Método para estimativa de macroporosidade em lâminas delgadas de solos por meio de análise de imagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- COOPER, M.; CASTRO, S. S. de; COELHO, M. R. Micromorfologia do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed.rev.eampl.Brasília,DF:Embrapa,2017.pt.5,cap.1,p.527564.<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1107368>
- FERREIRA, T.; RASBAND W. ImageJ User Guide. IJ 1.46r. <https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf> acesso 16/09/2022
- MARTINS, A. L. S.; SCHULER, A. E. F. ; FIDALGO, E. C. C. ; ALMEIDA, E. P. C. ; MONTEIRO, J. M. G. ; Oliveira, Aline Pacobayba ; FONTANA, A. . O enfoque sistêmico no diagnóstico participativo dos sistemas de produção da comunidade Faraó. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014 (Série Documentos 178).
- PAZAK,R.S.HyperCubePictorialUser'sGuide.(<http://www.erdc.usace.army.mil/Portals/55/docs/CEERD-TV/HyperCube/HyperCube.pdf>) acess., 29/03/2015
- RASBAND,W.S.,ImageJ,U.S.NationalInstitutesofHealth,Bethesda,Maryland,USA,<http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2014 Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W. "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis". Nature Methods 9, 671- 675, 2012
- VIANA, J.H.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAEFER, C.E.G.R. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na reorganização da estrutura microgranular de latossolos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.11-19, 2004.

Capítulo 4



10.37423/220906573

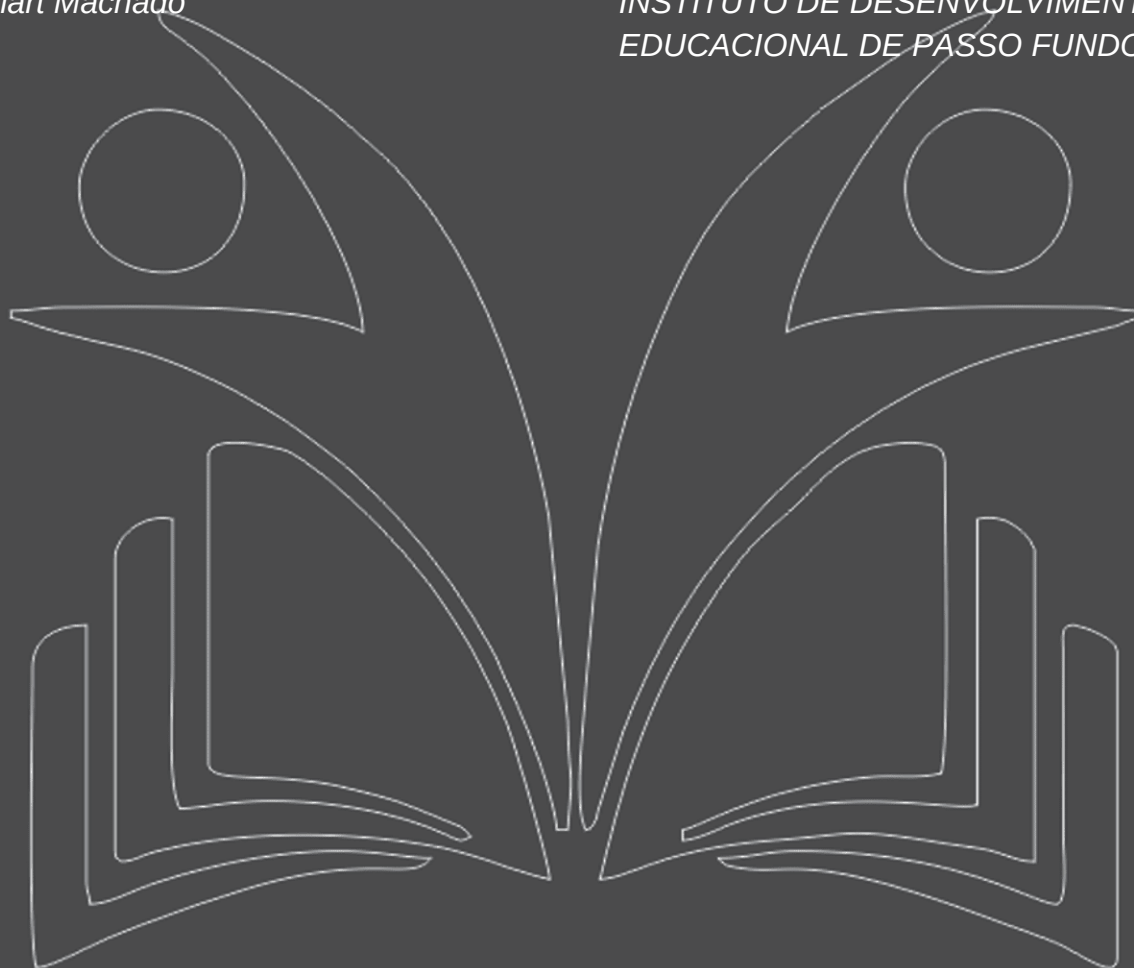
EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE O RENDIMENTO DA CULTURA DA CEBOLA

George Vargas Lopes Ohse

*INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO
EDUCACIONAL DE PASSO FUNDO*

Rafael Goulart Machado

*INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO
EDUCACIONAL DE PASSO FUNDO*



Resumo: A cebola é uma cultura com crescimento expressivo nos últimos tempos, ajudando no desenvolvimento, pois auxilia produtores de pequeno e médio porte a se manterem economicamente, gerando novos empregos. Diante disso, a adubação adequada é um fator essencial para desenvolver uma hortaliça de boa qualidade. Hoje se sabe que a cebola é uma cultura com grande percentual de nitrogênio (N) na sua composição, sendo um nutriente muito importante para seu desenvolvimento. O objetivo do presente trabalho foi descobrir o efeito de diferentes doses e fontes de nitrogênio sobre os parâmetros produtivos da cultura da cebola. O experimento foi realizado durante o período de fevereiro a maio de 2022, no município de Carazinho/RS. Foram plantadas 896 mudas de cebola em uma bandeja de isopor para mudas. Após, as plantas foram distribuídas em 04 canteiros, distribuídos em delineamento blocos ao acaso totalizando 448 mudas. O experimento foi dividido em seis diferentes tratamentos, e uma testemunha. Foram utilizados dois tipos diferentes de fonte de nitrogênio: o sulfato de amônio e a ureia, onde foram aplicadas doses de 60 kg ha⁻¹; 120 kg ha⁻¹; e 240 kg ha⁻¹ de cada fonte. A adubação nitrogenada influenciou no desenvolvimento de todos os parâmetros analisados em relação à testemunha sem adubação nitrogenada. Houve aumento nos parâmetros diâmetros nos bulbos e massa fresca dos bulbos conforme o aumento das doses aplicadas, com diferença significativa entre a dose de 60 kg ha⁻¹ e ambas as doses de 120 e 240 kg ha⁻¹. Não houve diferença significativa nos resultados quanto ao tipo de fonte escolhida (Sulfato de Amônio e Ureia).

Palavras-chave: *Allium cepa*. Adubação nitrogenada. Sulfato de amônio. Ureia.

INTRODUÇÃO

A cebola é uma cultura que vem crescendo comercialmente ao longo do tempo, ajudando no desenvolvimento de vários estados e auxiliando produtores de pequeno e médio porte a se manterem e gerarem novos empregos. Atualmente, pode-se afirmar que a produção e comércio de cebola estão distribuídos em todas as regiões do mundo, visto que quase todas as nações a utilizam para fins culinários.

Como cada vez mais aumenta a demanda pelo produto, identificar quais as melhores formas de manejo desta cultura, torna-se de suma importância para melhorar a qualidade, e consequentemente, a produtividade. O produtor deve estar em constante atualização, atento às pesquisas a fim de aprimorar suas formas de cultivo e conseguir suprir a necessidade diária de produção. A adubação adequada é um fator essencial para desenvolver uma hortaliça de boa qualidade. Hoje se sabe que a cebola é uma cultura com um grande percentual de nitrogênio (N) na sua composição, sendo um nutriente muito importante para seu desenvolvimento.

No Brasil, ela exerce papel essencial na culinária e economia nacional, pois constitui uma atividade de pequenos e médios produtores (KUNZ et al, 2009). O Brasil está entre os 10 maiores produtores mundiais de cebola, com uma área de 48,6 mil ha, uma produção de 1,5 milhão de toneladas, e um rendimento médio de 31,95 t/ha na safra de 2018 (IBGE, 2019).

Atualmente, a Região Sul destaca-se como a maior produtora de cebola do país, pois no ano de 2018, representou o total de 48,4% (750.330 t) da produção. Em segundo lugar ficou a região Sudeste (366.266 t), em terceiro a Nordeste (296.131 t). No que tange aos Estados, o maior produtor é Santa Catarina que produziu 470.849 t, seguido por Bahia (242.789 t), e Minas Gerais (189.282 t). Já o Rio Grande do Sul, conta com uma produção média de 152.836 toneladas/ano, no triênio 2016-2018 o que representa 9,5% da produção nacional (IBGE, 2019). A produção brasileira atende ao mercado interno, destinando o produto para consumo in natura, como condimento e salada (SANTOS, 2013).

Deste modo, se faz necessário entender se as diferentes doses e fontes de nitrogênio, podem ou não, interferir no desenvolvimento da cultura da cebola. Por isso, o objetivo geral deste trabalho foi entender o efeito de diferentes doses e fontes de nitrogênio sobre os parâmetros produtivos da cultura da cebola. Os objetivos específicos foram avaliar o efeito de diferentes doses de N sobre o tamanho de bulbos e seu valor comercial; verificar se houve melhora na produtividade da cebola por

meio da adubação nitrogenada; e avaliar o benefício dos diferentes fertilizantes e suas respectivas doses.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de fevereiro a maio de 2022, no terreno de uma residência localizada em Carazinho/RS, cujas coordenadas geográficas são 28°18'30.5"S 52°48'39.0".

No presente trabalho, a cultivar escolhida para plantio foi a cebola híbrida Diamantina (ISLA 87), caracterizada por bulbos globulares, coloração amarelo-escuro, variedade de dias curtos (ciclo de verão 110 dias) e grande produtividade.

No dia 10 de fevereiro, foram plantadas 896 mudas de cebola em uma bandeja de isopor para mudas. As mudas foram implantadas com a profundidade de 5 cm. Foram utilizadas duas plantas por cova, conforme recomendado por Baptestini (2013). O transplante das mudas de cebola para a área de implantação do estudo, ocorreu quando elas atingiram 10 cm de altura.

Sendo assim, as plantas foram distribuídas em quatro canteiros, distribuídos em delineamento blocos ao acaso. Cada bloco tinha 16 plantas por tratamento, com quatro repetições de cada totalizando 448 mudas. O plantio foi realizado com uma profundidade de 03 cm, sendo o espaçamento entre fileiras de 0,25 m, com espaçamento entre plantas na fileira de 0,10 m.

Foi instalado um sistema de irrigação por aspersão convencional, o qual foi ligado duas vezes ao dia, irrigando diariamente um volume de 15 mm, na fase de produção de mudas; com o crescimento das mudas, a frequência passou a ser feita a cada um dia, conforme recomendações da Embrapa (2019). Além disso, antes do plantio foi realizada uma Análise de Solo da área onde iria ser plantada a cultura, onde foi constatado que os teores de P e K estavam em alta quantidade e por isso não foi necessária a utilização da adubação NPK de base, sendo realizada somente a adubação nitrogenada em cobertura. Ademais, foi identificado que o pH do solo da área cultivada era de 7,4, por meio da análise de solo.

A aplicação de nitrogênio recomendada é de 120 kg ha⁻¹ de N para o solo da região conforme SBCS (2016). O experimento foi dividido em seis diferentes tratamentos, e uma testemunha conforme Tabela 1, seguindo o método de aplicação Plantio/Lanço em todos eles.

Tabela 1: Tratamentos, contendo diferentes fontes e doses de N por hectare.

Quantidade de N (kg/ha)	Fonte de N
0	N/A
60 kg.ha ⁻¹	Ureia
120 kg.ha ⁻¹	Ureia
240 kg.ha ⁻¹	Ureia
60 kg.ha ⁻¹	Sulfato de amônio
120 kg.ha ⁻¹	Sulfato de amônio
240 kg.ha ⁻¹	Sulfato de amônio

Como o adubo Sulfato de amônio contém 24% de enxofre, nos tratamentos onde foi utilizada a fonte Ureia, compensou-se esta diferença de adubação sulfurosa com enxofre elementar, conforme a quantidade necessária para igualar os parâmetros de enxofre presente nas outras parcelas.

As adubações nitrogenadas foram divididas em dois parcelamentos, sendo a primeira realizada no transplante, aos 40 dias e outra aos 40 dias após transplante. As formas de N a serem utilizadas foram ureia com 45% de N e sulfato de amônio com 22% de N e o adicional na composição de 24% de enxofre, a dosagem de adubo a ser aplicada em cada tratamento foi computada conforme o percentual de N na composição do adubo.

Na fase de bulbificação (cerca de 100 dias após implantação nas bandejas) foram coletadas as plantas para medir a massa seca da parte aérea das mesmas, pois é um indicativo para o aproveitamento do N. A determinação da matéria seca consistiu em colocar a matéria verde aérea da planta no micro-ondas por 30 segundos e pesar ao fim do processo, repetindo o mesmo até que o peso se mantenha estável. O teor foi determinado seguindo as orientações de Oliveira et. al (2015), utilizando o cálculo:

$$\text{Matéria seca (\%)} = (100 \times \text{PF}) \div \text{PI}$$

Onde PI é o peso inicial da amostra antes da secagem, e PF o peso final obtido na última pesagem. Importante salientar que foram seguidos os passos descritos na publicação e foram utilizados os seguintes materiais: forno micro-ondas; balança de precisão (0,1g); copo de água; bandeja de plástico própria para micro-ondas; e amostra da planta picada.

No final do ciclo de 110 dias da cultura, foram avaliados os parâmetros: medição e peso do bulbo; comprimento da raiz; e altura da planta a fim de verificar o desenvolvimento final e comparar o resultado obtido com as diferentes doses e formas de N. Para realizar a medição da altura da planta e do comprimento da raiz foi utilizada uma trena. Para a pesagem dos bulbos foi usada uma balança (Figuras 8 e 9), e a medição da circunferência da hortalíça foi realizada com uma fita métrica. A análise estatística foi feita através do programa denominado SISVAR (Ferreira, 2011), sendo o tratamento de dados feito pelo Tukey

Ademais, no momento da coleta final, as cebolas foram classificadas conforme portaria nº 529 (18/08/95) do Ministério da Agricultura, de acordo com diâmetro dos bulbos. Sendo dividido em quatro classes: a classe 2 – de 35 a 50 mm (que é considerada muito pequena), a classe 3 - de 50 a 70 mm e a classe 4 – de 70 a 90 mm (consideradas as de melhor valor comercial, e a classe 5 – maior que 90 mm (que é considerada muito grande) (BRASIL, 1995).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados da análise estatística observou-se que não houve diferenças significativas quanto ao tipo de fonte de nitrogênio utilizada no que tange aos parâmetros de Massa fresca dos bulbos; Diâmetro de bulbos; Comprimento de raízes; Altura de plantas; Massa Verde da parte aérea; e Massa seca da parte aérea, conforme Tabela 2. Como as doses adicionais de enxofre contidas no Sulfato de amônio em comparação com a Ureia foram compensadas por meio de enxofre elementar, as fontes foram equivalentes quanto aos parâmetros avaliados.

Tabela 2. Parâmetros de crescimento e produtividade da cultura da cebola, variedade Híbrida Diamantina (ISLA 87), em função de diferentes fontes de nitrogênio.

Fonte de Nitrogênio	Massa fresca de bulbos (g)	Diâmetro de bulbos (cm)	Comprimento de raízes (cm)	Altura de plantas (cm)	MVPA (g)	MSPA (g)
Ureia	91,52 *	5,85 *	26,93 *	43,23 *	46,81 *	4,86 *
Sulfato de Amônio	93,18	5,97	28,80	42,19	45,85	4,64
CV (%)	10,58	8,99	16,08	10,35	19,67	14,5

*Diferenças não significativas, de acordo com o teste de Tukey, a 5 % de probabilidade de erro.

O nitrogênio influenciou na massa fresca de bulbos (Figura 1). Sendo a menor média (19,17 g), obtida na testemunha, e a maior (140,28 g) quando se utilizou 240 kg de N. Denotando que quanto maior a dose de N, maior é a quantidade de MF. Vale salientar que para a massa fresca de bulbos, não houve diferença significativa entre as doses de 120 e 240 kg, o que economicamente não justificaria a maior dose. Em relação às fontes utilizadas houve diferença somente quando não foi aplicada nenhuma dose.

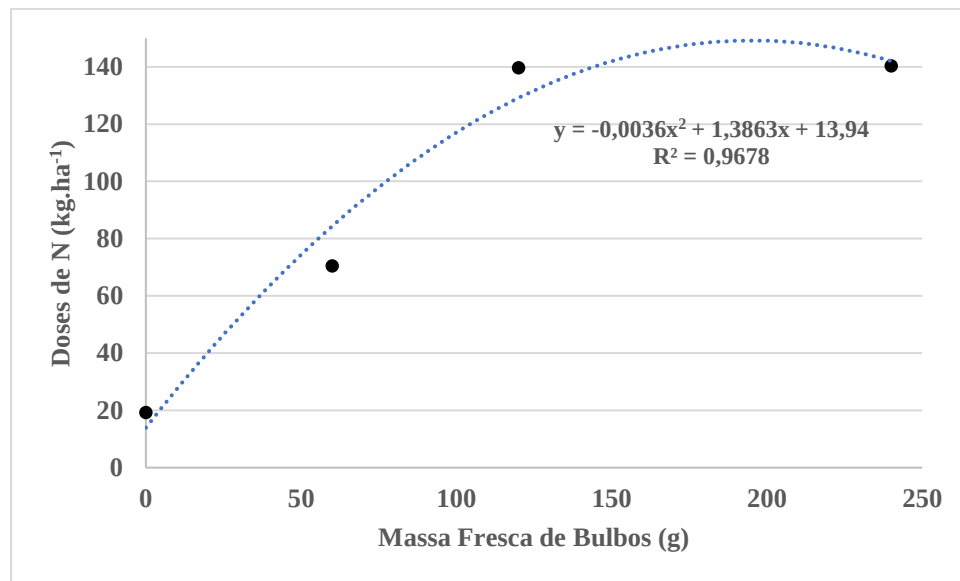


Figura 1. Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹) sobre o parâmetro massa fresca de bulbos. CV: 10,58%.

Especificamente falando em relação ao tipo de fonte de nitrogênio utilizada, pode-se perceber que o N na forma de Sulfato de Amônio, obteve uma diferença significativa quando não foi aplicado nenhuma dose e também entre a dose de 60 kg ha⁻¹ e ambas as doses de 120 kg ha⁻¹ e 240 kg ha⁻¹, as quais não obtiveram diferença significativa entre si. Sendo que a primeira resultou em 68.27 g de MF, já as outras resultaram em 141.40 g e 143.87 g de MF respectivamente (Tabela 4). Pode-se perceber aumento na Massa conforme o aumento da dose aplicada (Figura 2).

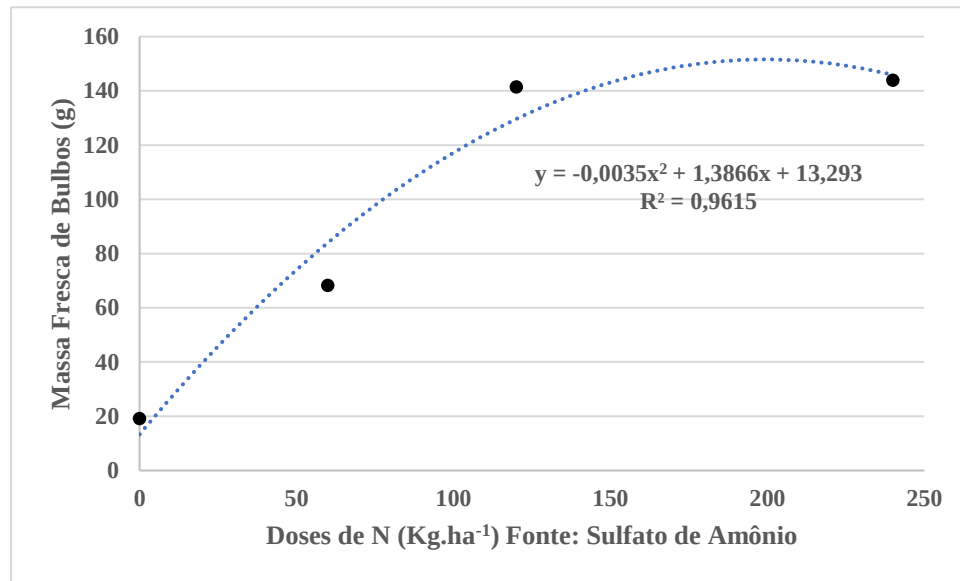


Figura 2. Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹) na forma de Sulfato de Amônio, sobre o parâmetro massa fresca de bulbos. CV: 10,58%.

Por outro lado, Abdissa et al. (2011) verificaram que a aplicação já a partir de 69 kg ha⁻¹ de N em cebola 'Bombay Red', aumentou 24% na massa média do bulbo. Sob a forma Ureia, foi observado o mesmo efeito: houve diferença significativa entre a dose de 60 kg ha, que resultou em 72.40g, e as doses de 120 kg ha⁻¹ e de 240 kg ha, que resultaram em 135.32 g e 139.17 g, respectivamente. Estas informações estão de acordo com a indicação do Manual de Adubação de que a quantidade mais indicada de aplicação de N na cultura da cebola é de 120 kg ha⁻¹, assim como ocorreu no diâmetro dos bulbos mais a seguir (SBCS, 2016).

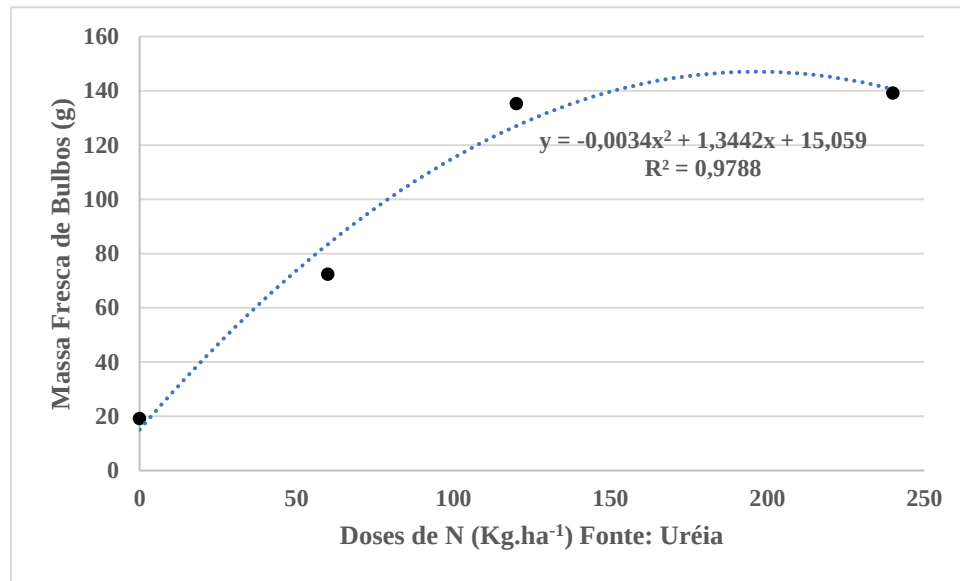


Figura 3. Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹) na forma de Ureia, sobre o parâmetro massa fresca de bulbos. CV: 10,58%.

No diâmetro do bulbo, houve diferença significativa na quantidade de dose de N aplicadas entre a Testemunha (2.85 g) e os Tratamentos de 60, 120 e 240 kg ha⁻¹; bem como entre o Tratamento de 60 kg ha⁻¹ (4.19 g) e os Tratamentos de 120 kg ha⁻¹ (8.26 g) e de 240 kg ha⁻¹ (8.33 g). O que indica que a aplicação de N e a quantidade aplicada influenciam diretamente no diâmetro dos bulbos (Figura 4). Estudos de Kurtz et. al (2012), confirmam essa afirmação, pois o rendimento de bulbos aumentou de forma quadrática com o aumento da quantidade de N aplicada no experimento deles.

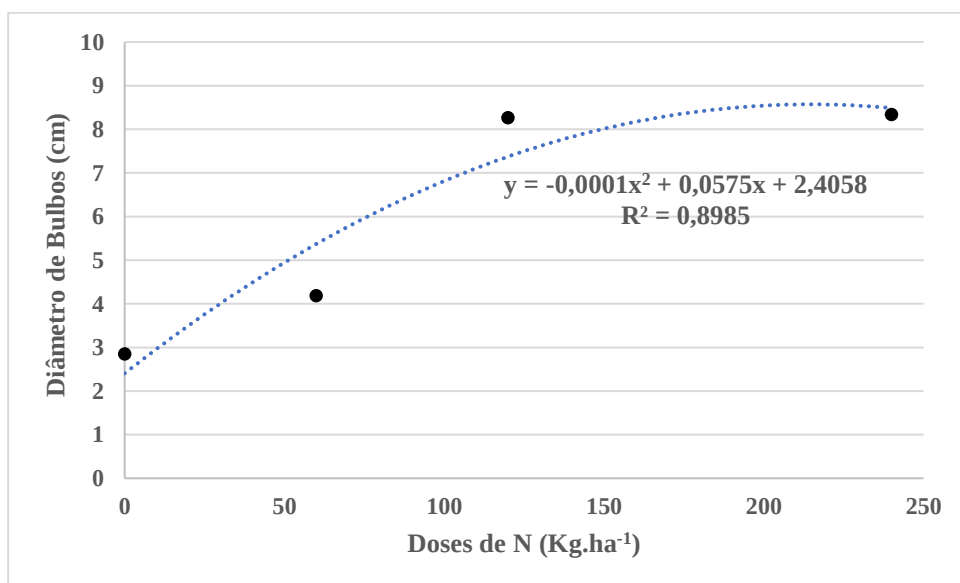


Figura 4: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), sobre o parâmetro diâmetro de bulbos. CV: 8,99%.

Quanto ao tipo de fonte utilizadas não houve diferenças significativas entre a Ureia e o Sulfato de Amônio (Figuras 4 e 5). Na aplicação da fonte de Sulfato de Amônio houve diferença significativa quanto a dose aplicada de 60 kg ha⁻¹ (4.10 g) e as doses aplicadas de 120 kg ha⁻¹ (8.45 g) e de 240 kg ha⁻¹ (8.47 g), apresentando um maior diâmetro dos bulbos quando aplicado N conforme as últimas duas doses. O mesmo ocorreu na aplicação por meio da fonte de Ureia, onde quando aplicado 60 kg ha⁻¹ obteve-se uma média de 4.27 g e quando aplicado 120 kg ha⁻¹ e 240 kg ha⁻¹, obteve-se 8.05 g e 8.23 g respectivamente.

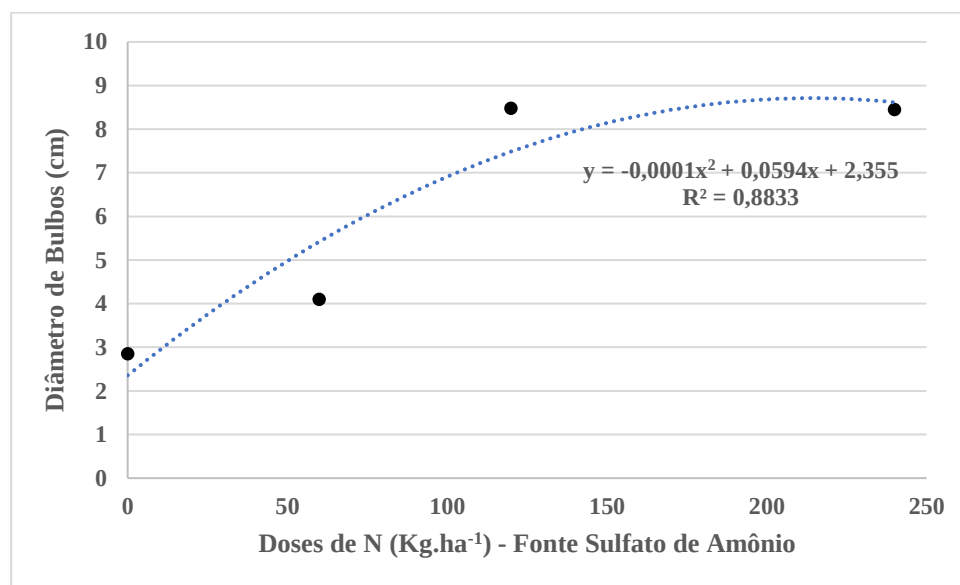


Figura 4: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), na fonte Sulfato de Amônio, sobre o parâmetro diâmetro de bulbos. CV: 8,99%.

No estudo de Kurtz et. al (2012), foi constatado que a dose de N estimada a qual proporcionou a máxima produtividade econômica variou de 249 kg ha⁻¹ onde o solo era arenoso, e 116 e 142 kg ha⁻¹, em solo mais argilosos.

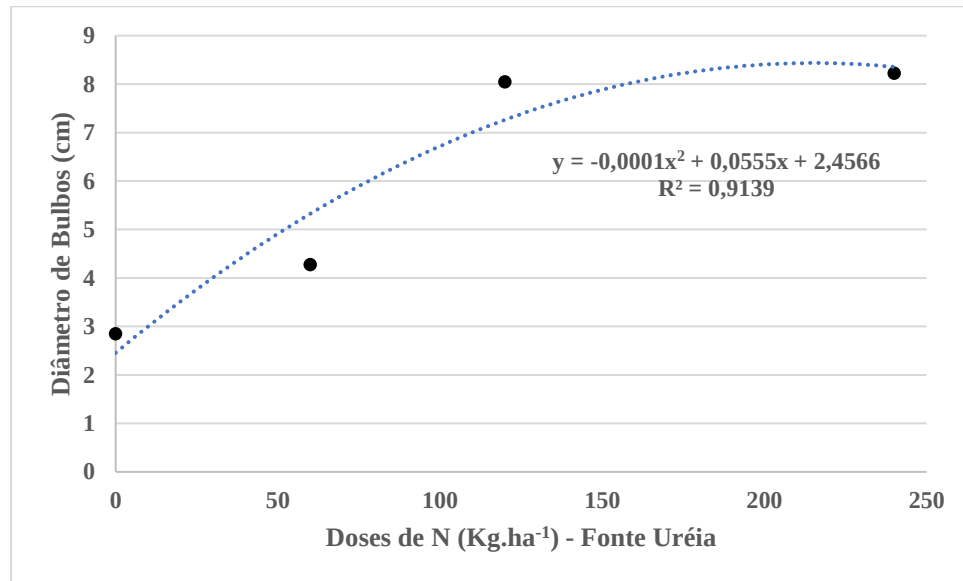


Figura 5: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), na fonte Ureia, sobre o parâmetro diâmetro de bulbos. CV: 8,99%.

Os resultados acima diferem do estudo de Gonçalves et.al (2019), onde a dose de 92 kg ha⁻¹ de N proporcionou os maiores rendimentos totais e comercializáveis de bulbos. Porém estão de acordo em relação à afirmação de que adubação nitrogenada aumenta o percentual de bulbos nas classes 3 e 4.

De acordo com diâmetro dos bulbos, a classificação das cebolas que foram cultivadas com a adubação nitrogenada a partir da dose de 120 kg ha⁻¹ enquadra-se na classe 4, conforme portaria nº 529 (18/08/95) do Ministério da Agricultura, estando em uma das classes de melhor valor comercial. Já quando não houve nenhuma aplicação de N, as cebolas foram classificadas abaixo da classe 2, sendo consideradas muito pequenas e de baixo valor comercial (BRASIL, 1995).

Tabela 3: Tabela de classificação comercial das cebolas.

Tratamentos (kg ha)	Tamanho médio (mm)	Classe
Testemunha – 0 kg ha ⁻¹	28,5	Menor que a 2
Sulfato de Amônio – 60 kg ha ⁻¹	41,0	2
Sulfato de Amônio – 120 kg ha ⁻¹	84,5	4
Sulfato de Amônio – 240 kg ha ⁻¹	84,8	4
Ureia – 60 kg ha ⁻¹	42,7	2
Ureia – 120 kg ha ⁻¹	80,5	4
Ureia – 240 kg ha ⁻¹	82,3	4

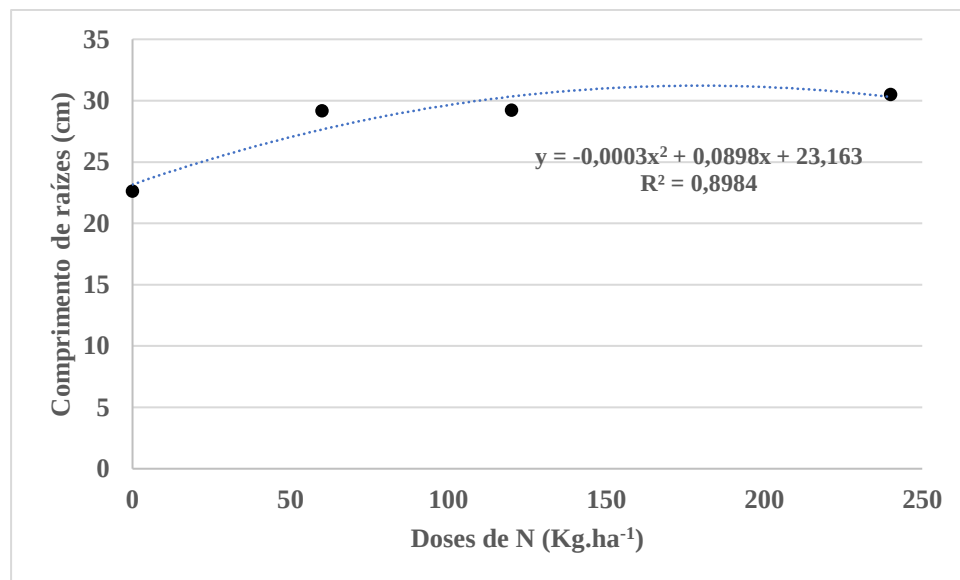


Figura 6: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹) sobre o parâmetro comprimento de raízes. CV: 16,08%.

Quanto ao efeito das doses de N referente ao parâmetro de comprimento de raízes, pode-se perceber uma diferença significativa em relação à testemunha (Figura 6).

Em relação ao parâmetro de altura da planta, pode-se perceber a influência de N, mostrando uma diferença significativa de média entre a testemunha (30.57 cm) e as diferentes doses aplicadas (60 kg ha⁻¹ – 44.41 cm, 120 kg ha⁻¹ – 47.05 cm, e 240 kg ha⁻¹ – 48.81 cm), indicando um aumento da altura da planta quando adicionada a fonte de nitrogênio. Porém, no que tange às diferentes doses aplicadas, não houve diferenças significativas, ocorrendo o mesmo quanto ao tipo de fonte utilizada, apresentando crescimento similar nas doses de 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ e utilizando as fontes Ureia e Sulfato de Amônio (Figuras 7, 8 e 9). Kurtz et. al (2013) também obtiveram aumento na altura das plantas, em duas safras avaliadas, com a adição do incremento da quantidade de N, porém obtiveram alturas maiores do que as aqui apresentadas, sendo de 76 e 78 cm para doses de 137 e 143 kg ha⁻¹ de N.

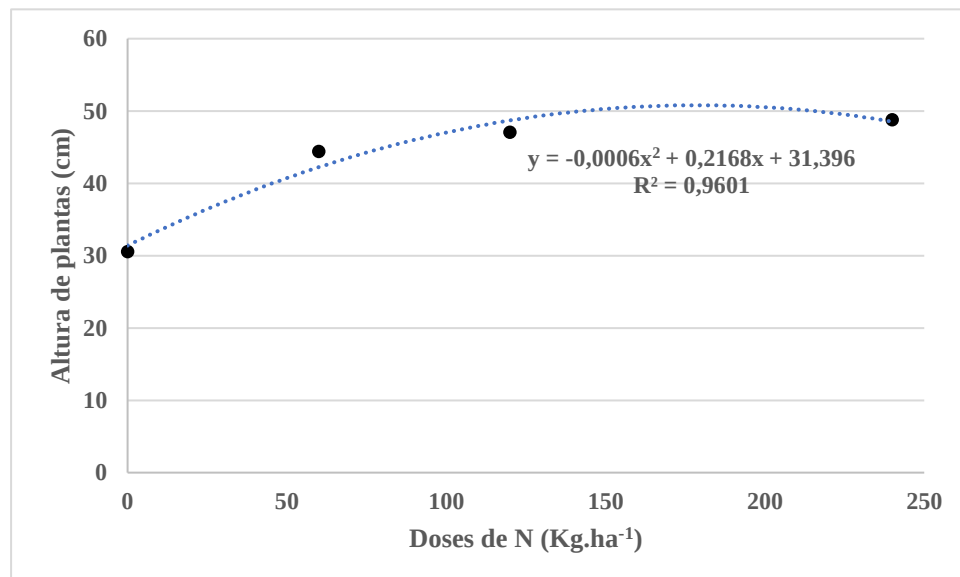


Figura 7: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), sobre o parâmetro altura de plantas. CV: 10,35%

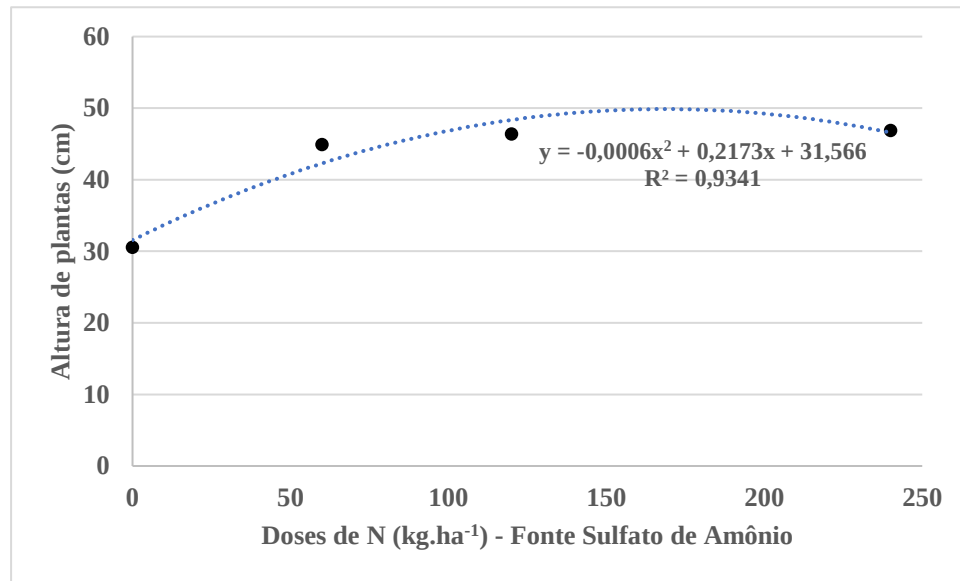


Figura 8: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), na fonte sulfato de amônio sobre o parâmetro altura de plantas. CV: 10,35%

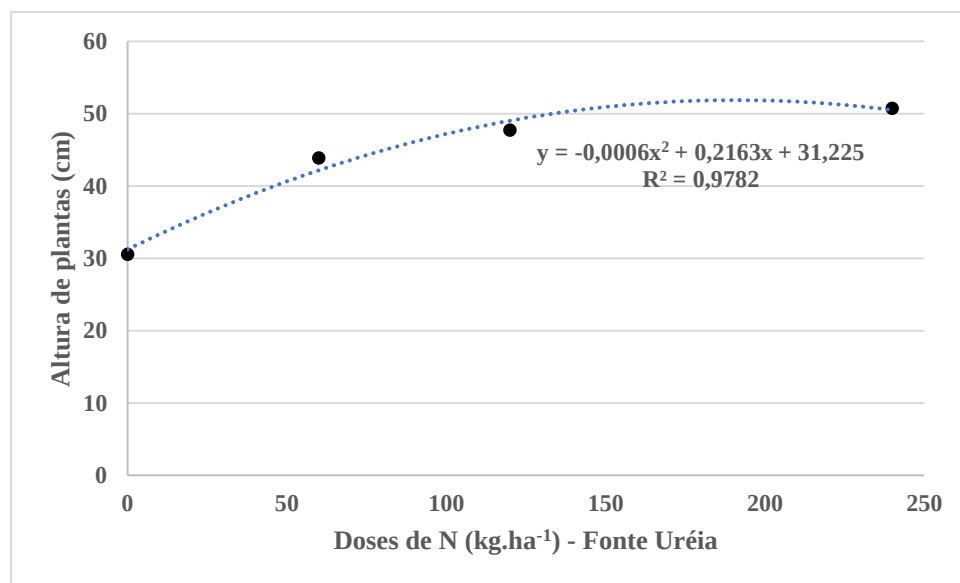


Figura 9: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), na fonte ureia sobre o parâmetro altura de plantas. CV: 10,35%

Em relação ao parâmetro Massa verde da parte aérea, o N influenciou no seu aumento. O tratamento testemunha obteve a menor média (29.10 g), enquanto que a maior média foi obtida com um tratamento de 240 kg ha⁻¹ (57.32 g). Porém, não houve diferenças significativas nos resultados entre as doses aplicadas de 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ e 240 kg ha⁻¹, sendo similares quanto à massa verde (Figura 10).

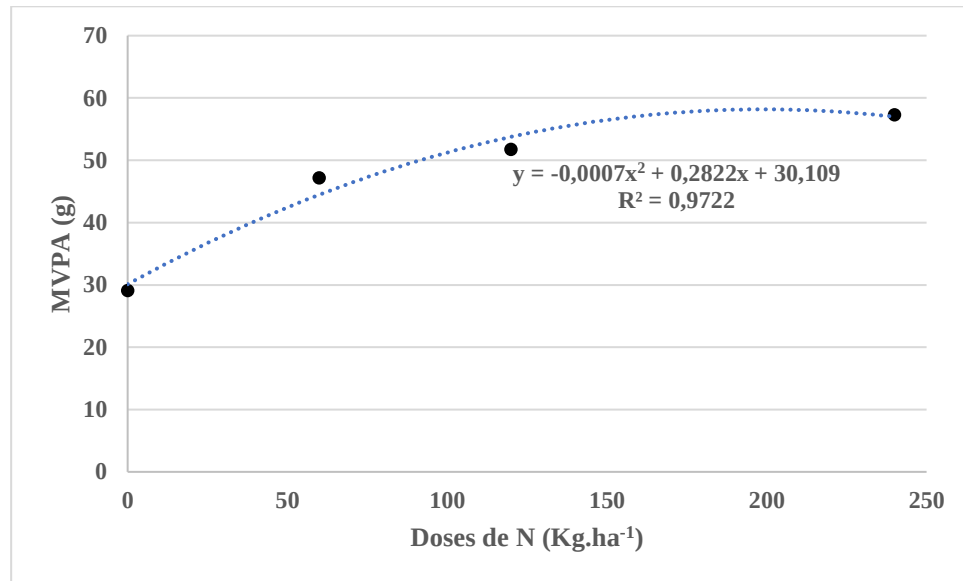


Figura 10. Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), sobre o parâmetro massa verde da parte aérea (MVPA).

CV: 19,67%

Tabela 4. Efeitos das fontes de N sobre o parâmetro massa verde da parte aérea (MVPA).

Fonte de Nitrogênio	MVPA (g)
Nenhuma	29.10 b
Ureia	45,85 a
Sulfato de Amônio	46,81 a
CV (%)	19,67

*Médias seguidas por mesmas letras não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey. a 5% de probabilidade de erro.

Em relação ao tipo de fonte de N aplicadas, também não houve diferenças significativas entre as médias da Ureia e do Sulfato de Amônio, somente quando esses foram comparados com a aplicação de nenhuma fonte, qual obteve a média de 29.10 g. Em ambas pode-se perceber um pequeno aumento no teor de MVPA, conforme a quantidade de dose aplicada, porém sem diferenças significativas quando houve aplicação de N.

O presente estudo confirmou a afirmação de que a cultura da cebola apresenta alta resposta à adição de N, de forma geral. O suprimento de N inferior às exigências da cebola reduz, significativamente, o rendimento, como foi observado quando comparado os resultados em relação à testemunha (FAYAD et al., 2018). Já a oferta excessiva de N pode levar ao aumento da respiração e, portanto, ao menor rendimento fotossintético, o que explicaria a estabilização no rendimento da cebola (Ilha et al., 2016).

Em relação à MSPA, percebeu-se a influência do N no aumento da mesma, quando comparado aos tratamentos com os diferentes tipos de dose com a Testemunha, sendo obtido 3.05 g na testemunha e 5.77 g na maior dose aplicada (240 kg ha). Entre os diferentes níveis aplicados, não houve diferenças significativas (Figura 11). Os estudos de Morsy et al. (2012) obtiveram incrementos na massa seca de bulbo com a aplicação de nitrogênio, corroborando esses resultados.

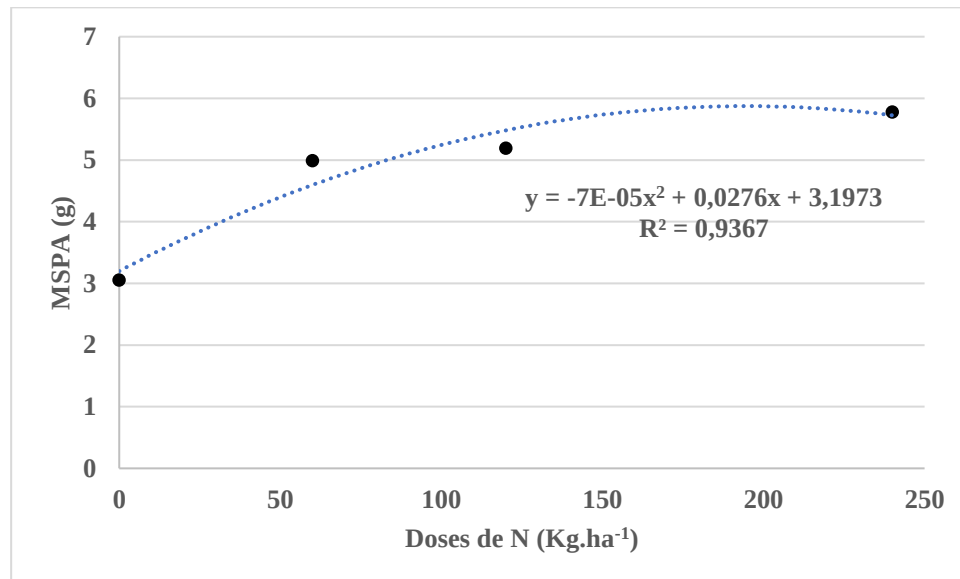


Figura 11: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), sobre o parâmetro massa seca da parte aérea (MSPA).

CV: 14,50%.

Quanto à fonte utilizada também não houve diferenças significativas, obtendo-se aumento em ambas. Também tanto na nos níveis de aplicação da Ureia, quanto do Sulfato de Amônio (60 kg ha, 120 kg ha, e 240 kg ha), não houve diferenças significativas (Figuras 12 e 13).

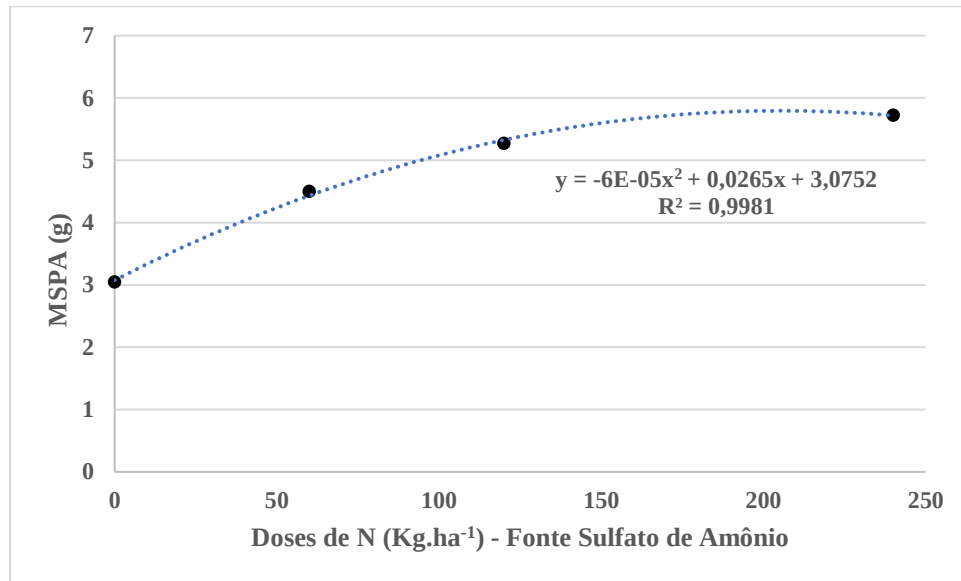


Figura 12: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), na fonte Sulfato de Amônio, sobre o parâmetro massa seca da parte aérea (MSPA). 14,50%.

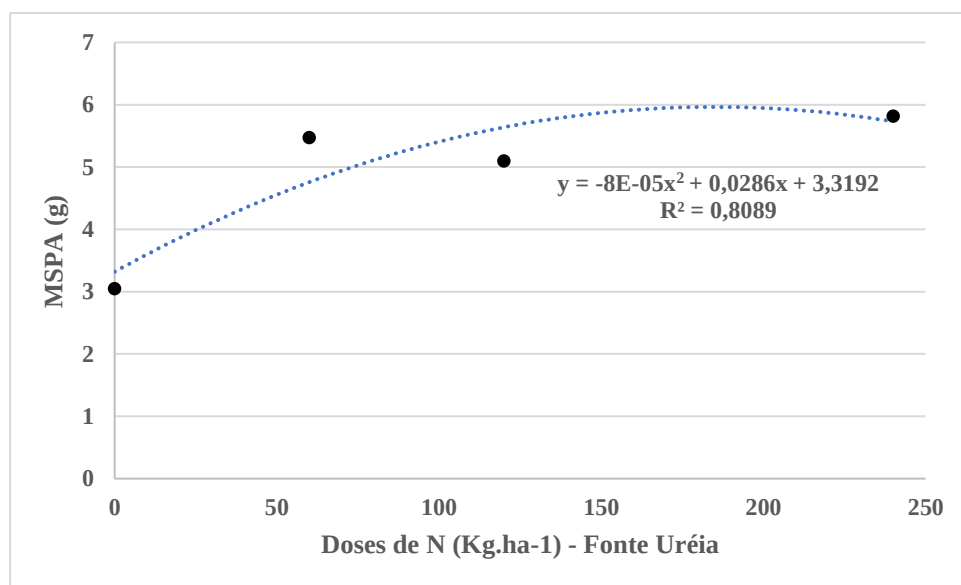


Figura 13: Diferentes doses de N (kg.ha⁻¹), na fonte Ureia, sobre o parâmetro massa seca da parte aérea (MSPA). 14,50%.

CONCLUSÃO

A adubação com N influenciou diretamente a massa fresca dos bulbos; o diâmetro dos bulbos; o comprimento de raízes; a altura de plantas; a massa verde da parte aérea; e a massa seca da parte aérea, quando comparado com o tratamento testemunha, sem a aplicação de N. Porém, a adubação

nitrogenada não influenciou no comprimento de raiz quando se utilizou a fonte de N na forma de Ureia.

Houve aumento no diâmetros nos bulbos e massa fresca dos bulbos, conforme o aumento da quantidade de doses aplicadas, com diferença significativa entre as doses de 60 kg ha⁻¹ e as de 120 e 240 kg.a⁻¹. Porém, nas demais variáveis avaliadas não houve diferença significativa quanto à quantidade de dosagem aplicada. Ademais, não houve diferença significativa nos resultados quanto ao tipo de fonte escolhida (Sulfato de Amônio e Ureia).

Com os resultados obtidos salienta-se o benefício do uso de N no desenvolvimento da cultura. Quanto às doses aplicadas e a fonte a ser escolhida, indica-se a utilização de doses de 120 kg ha⁻¹.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- ABDISSA, Y.; TEKALIGN, T.; PANT, L. M. Growth, bulb yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization on vertisol I. growth attributes, biomass production and bulb yield. *African Journal of Agricultural Research*. v. 6, n. 14, p. 3252-3258. 2011
- BAPTESTINI, J. C. M. Produção de cebola submetida a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio com adubação molibdica. SC: UFV – Tese de Doutorado. 2013.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. PORTARIA Nº 529 DE 18 DE AGOSTO DE 1995. Disponível em: <<https://www.claspclassificacao.com.br/legislacao/download/11>>. Acesso em: abr. 2022.
- FAYAD, J.A.; COMIN, J.J.; KURTZ, C.; MAFRA, A. (Orgs.) Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH): O cultivo da cebola. Florianópolis, SC: Epagri, 2018. 78 p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- KUNZ, VL. et al. Produtividade de cebola sob diferentes fontes e modos de aplicação de adubos nitrogenados em cobertura. *Revista Biodiversidade*. v.8, n.1, 2009.
- KURTZ, C. et al. Rendimento e conservação de cebola alterados pela dose e parcelamento de nitrogênio em cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 36, n. 3, p. 865-876. 2012.
- KURTZ, C. et al. Produtividade e conservação de cebola afetadas pela adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. *Horticultura Brasileira* [online]. 2013, v. 31, n. 4, pp. 559-567.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agro 2017. Cebola. 2020. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html
- ILHA, R.; GUILLÉN, M.; SALMERÓN, M. Efeitos da disponibilidade de nitrogênio em medidas de trocas gasosas em milho cultivado em campo (*Zea mays* L.) sob condições mediterrâneas irrigadas. *Revista Espanhola de Pesquisa Agrícola*, v.14, p.1-9, 2016.
- ISLA Sementes. 87 – Cebola Híbrida Diamantina. Disponível em <https://www.isla.com.br/cgi-bin/detalhe.cgi?id=87&id_emb=100/Cebola-H%EDbrida-Diamantina >
- MORSY, M. G. et al. Productivity and storability of onion as influenced by the different levels of NPK fertilization. *Journal of Agricultural Research*, v. 38, n. 1, p. 171 - 187. 2012.
- OLIVEIRA, J.S.; MIRANDA, J.E.C.; CARNEIRO, J.C.; OLIVEIRA, P.S.D.; MAGALHAES, V.M.A. Como medir a matéria seca (MS %) em forragem utilizando forno de micro-ondas. Comunicado técnico 77, Juiz de Fora, Embrapa, 2015.
- SANTOS, C. A. F. dos. Melhoramento genético de cebola no Brasil: avanços e desafios Petrolina: Embrapa Semiárido, 22 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 254). 2013. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/974721/1/SDC254.pdf>>. Acesso em: out. 2021

SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. – [s. l.] : Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

Capítulo 5



10.37423/220906574

DENSIDADE E POROSIDADE TOTAL DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO

Ricardo Falqueto Jorge

Universidade Federal de Uberlândia

Cinara Xavier de Almeida

Iago Radamés Garcia Duarte

Jordhanna Marília Silva

Universidade Federal de Uberlândia

Iago Radamés Garcia Duarte

Universidade Federal de Uberlândia

Luana Karolina Pena

Futura Agronegócios

Leonardo Reis da Silva

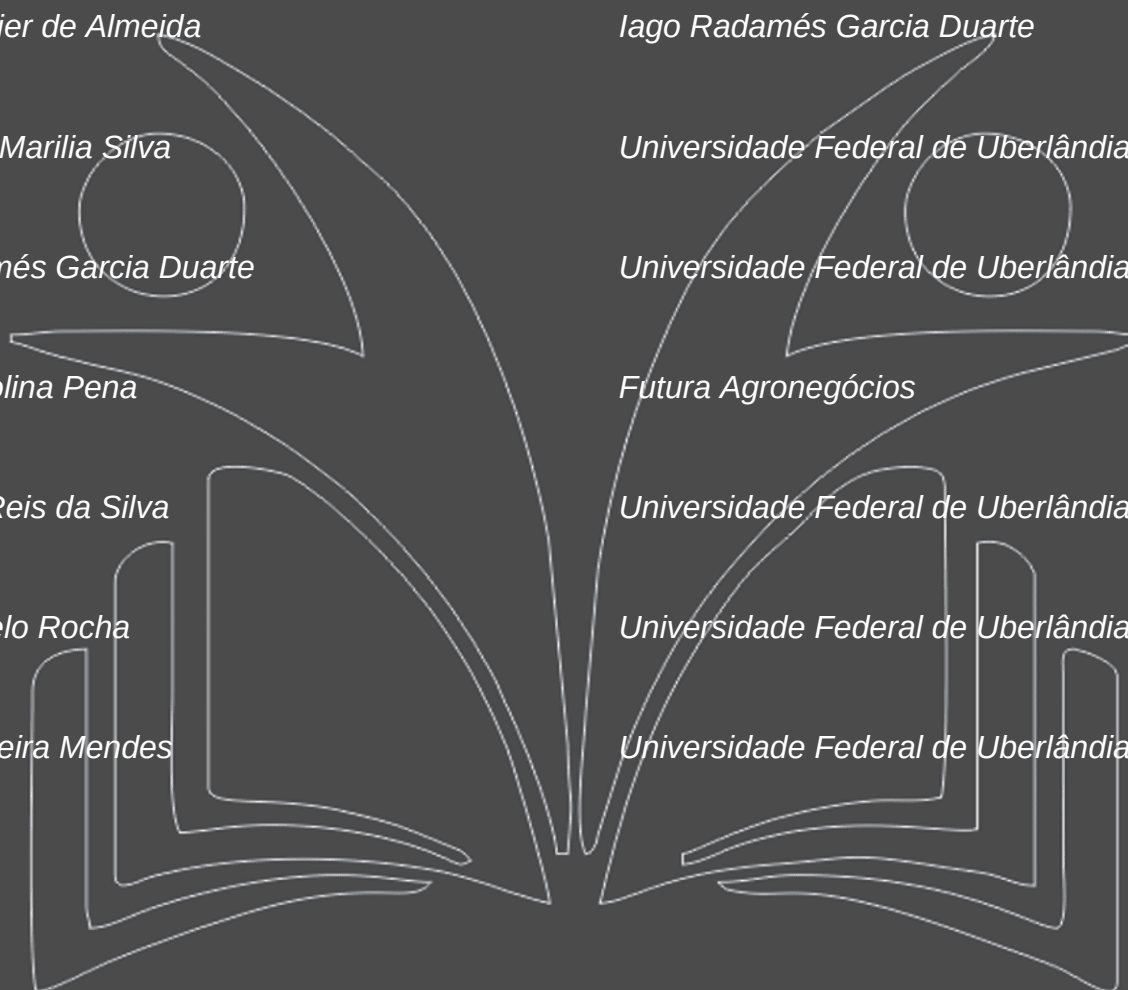
Universidade Federal de Uberlândia

Stella Rabelo Rocha

Universidade Federal de Uberlândia

Danilo Ferreira Mendes

Universidade Federal de Uberlândia



Resumo: A compactação do solo, como aproxima as partículas sólidas, aumenta a densidade do solo, diminuindo, conseqüentemente, a sua porosidade. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho quantificar o impacto dos sistemas de uso e manejo na qualidade física de um Latossolo Vermelho, a partir de dados obtidos em campo, em diferentes sistemas: mata nativa, floresta plantada (eucalipto), pastagem, cultivos anuais e cultivos de plantas perenes (café irrigado, em diferentes estágios da lavoura), através da sua densidade e porosidade total. O experimento foi conduzido na Fazenda Juliana em Monte Carmelo, MG, em um Latossolo Vermelho argiloso. O solo sob mata nativa foi o que apresentou os menores valores de densidade, na camada superficial do solo, não diferindo, contudo, do solo sob cultivos anuais, nessa camada. Os sistemas de uso e manejo que apresentaram a maior densidade do solo, na camada superficial, foram o solo sob café, pastagem e floresta plantada. O solo sob cultivo anual apresentou maiores valores de porosidade total e foi semelhante aos outros sistemas de manejo, com exceção do café novo, que apresentou o menor volume total de poros, na camada de 0-0,10 m. O revolvimento do solo realizado no cultivo anual contribuiu para o aumento da porosidade total.

Termos de indexação: mata nativa, pastagem, cultivo de café.

INTRODUÇÃO

A densidade do solo é definida como a massa por unidade de volume de solo seco. Esse volume inclui tanto partículas sólidas como o seu espaço poroso (Brady & Weil, 2013). Portanto, a densidade do solo inclui o espaço compreendido dentro dos agregados e entre os agregados, levando em consideração o espaço poroso do solo. Uma vez que o espaço poroso no solo é consequência de como as partículas primárias estão arranjadas no mesmo, pois, como os sólidos não são compressíveis, a maior quantidade de partículas no mesmo volume total só ocorre em detrimento do espaço poroso (Ferreira, 2010; Amaro Filho et al., 2008).

Qualquer manifestação que possa influenciar a disposição das partículas do solo refletirá diretamente nos valores de densidade do mesmo (Ferreira, 2010). Por conseguinte, a densidade do solo é um atributo que varia com o tempo (por processos naturais de adensamento) e/ou com práticas de manejo, como cultivo do solo, trânsito de maquinário agrícola, incorporação de matéria orgânica, etc. (Amaro Filho et al., 2008).

Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho quantificar o impacto dos sistemas de uso e manejo na qualidade de um Latossolo Vermelho, a partir de dados obtidos em campo, em diferentes sistemas: mata nativa, floresta plantada (eucalipto), pastagem, cultivos anuais e cultivos de plantas perenes (café, em diferentes estágios da lavoura), através da sua densidade e porosidade total.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Juliana, em Monte Carmelo, MG (18°42'28"S e 47°33'27"W; 900 m de altitude). O solo da área experimental, de acordo com os critérios da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2018), foi classificado como um Latossolo Vermelho argiloso.

Os tratamentos foram constituídos por diferentes sistemas de uso e manejo do solo: mata nativa (MN), floresta plantada (eucalipto) (FP), pastagem (PA), cultivos anuais sob cultivo convencional do solo (CA) e cultivos de plantas perenes, café, em diferentes estágios da lavoura: terceiro ano (CN) e nono ano (CV), os quais foram avaliados nas camadas de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, em quatro repetições.

Foram coletadas amostras indeformadas de solo, com cilindros de 0,03 m de altura e 0,048 m de diâmetro (53,16x10⁻⁶ m³), as quais foram saturadas, pesadas e posteriormente levadas à estufa. Nessas amostras foram determinadas a densidade e a porosidade total do solo (EMBRAPA, 2017).

Os resultados referentes aos indicadores de qualidade física do solo foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey para comparação das médias. Foi seguido o esquema de um experimento em delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas, cujas subdivisões corresponderam às camadas do solo, com quatro repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DENSIDADE DO SOLO

Em relação à densidade do solo, na camada de 0-0,10 m, os solos sob mata nativa (MN) e sob cultivo anual (CA) foram os que apresentaram os menores valores, sendo que o solo sob CA não diferiu do solo sob café com nove anos de implantação da lavoura (CV), conforme os dados apresentados na tabela 1. Esses baixos valores de densidade do solo sob CA podem ser temporários, pois o solo foi submetido à aração e gradagem, alterando a estrutura do solo. Dessa forma, segundo Bertol et al. (2004), as propriedades físicas do solo são alteradas pelo manejo, nessa camada. Esses pesquisadores observaram que a densidade do solo foi maior no solo sob sistema de semeadura direta do que no solo sob preparo convencional e campo nativo. Almeida et al. (2014) e Secco et al. (2005) observaram também que a densidade do solo apresentou valores superiores em tratamentos que apresentaram menor mobilização do solo. Também nessa camada, os maiores valores foram encontradas no solo sob café, aos três anos de implantação da lavoura (CN), floresta plantada (FP) e sob pastagem (PA), o que pode ser devido ao tráfego de máquinas e ao não revolvimento do solo, levando à compactação do solo. No solo sob PA, os elevados valores de densidade também podem estar relacionados à compactação ocasionada pelo pisoteio de animais na área, conforme foi observado por Carneiro et al. (2009), que afirmam que o efeito do pisoteio pelo gado e o trânsito de máquinas agrícolas nos solos sob pastagem pode contribuir para aumentar a densidade do solo. Klein & Libardi (2002) observaram que o solo em sistema de irrigação (pivô central) apresentou maior densidade até a camada de 0,40 m, em relação ao solo sob cultivo de sequeiro e sob mata nativa. Spera et al. (2004) constataram que os sistemas agrícolas e de integração lavoura-pecuária, sem revolvimento do solo, afetaram os atributos físicos do solo em relação à condição original sob mata nativa, e que o cultivo de alfafa para produção de feno, seguido por culturas de grãos, apresentou, em geral, menor densidade do solo em relação aos demais sistemas agrícolas, possivelmente decorrente do revolvimento do solo efetuado.

Quando foram comparados os diferentes sistemas de uso e manejo, na camada de 0,10-0,20 m, verificou-se que não houve variação entre os valores de densidade do solo, bem como na camada de

0,20-0,30 m não houve variação entre os diferentes sistemas de uso e manejo em relação à esse atributo.

Comparando as camadas de solo analisadas, somente dois sistemas de manejo apresentaram variação entre os valores de densidade do solo, os solos sob MN e sob CA, sendo que a camada de 0-0,10 m, no solo sob MN, apresentou menor valor de densidade em relação às camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, o que pode estar relacionado ao maior conteúdo de matéria orgânica dessa camada, que dentre outros fatores, favorece a agregação do solo, diminuindo a sua densidade. No solo sob CA, as camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m apresentaram menores valores de densidade em relação à camada de 0,20-0,30 m, o que pode ser atribuído ao revolvimento do solo até essa profundidade, ou seja, de 0-0,20 m, alterando a estrutura do solo, e conseqüentemente a sua densidade.

POROSIDADE TOTAL

Observou-se que os diferentes sistemas de uso e manejo apresentaram grandes variações na porosidade total do solo, demonstrando que o manejo empregado pode alterar os atributos do solo (Tabela 2).

A menor porosidade total, na camada de 0-0,10 m, foi constatada no solo sob CN, que, no entanto, não diferiu dos solos sob CV, MN, FP e PA. Dessa forma, houve diferença apenas entre o solo sob CN e CA, em relação à esse atributo. Esse maior valor de porosidade total no solo sob CA é devido ao tipo de manejo adotado, ou seja, o cultivo convencional, em que o revolvimento do solo altera a sua estrutura, aumentando sua porosidade. Assim, segundo Almeida (1998), nesse sistema, o preparo do solo proporciona a redução da densidade do solo, nas camadas superficiais, diminuindo a resistência do solo à penetração, o que pode promover um melhor crescimento das raízes. Porém, segundo esse pesquisador, esse efeito é temporário e tende a desaparecer com as chuvas; formando gradativamente, abaixo da camada arável, camadas subsuperficiais compactadas, quando as operações de preparo do solo são feitas sempre à mesma profundidade, pois, ao passar pelo solo, qualquer implemento de preparo provoca a compactação de uma fina camada, que ainda pode ser agravada pelo excesso de umidade no momento da operação.

Araujo et al. (2004) avaliando as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho, de textura franco-argilo-arenosa, cultivado e sob mata nativa concluíram que, o solo sob cultivo apresentou maiores valores de densidade do solo e menores valores de porosidade total e de macroporosidade comparado com o solo sob mata nativa. Carmo et al. (2011) concluíram também que, o solo cultivado com café

alterou as propriedades físicas na posição da linha de tráfego de máquinas, indicadas pelo aumento da densidade do solo e da resistência do solo à penetração e redução do volume total de poros, da macroporosidade e da relação macro/microporosidade, quatro anos após o plantio.

Nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m não houve variação entre os manejos analisados. Dessa forma, em um trabalho realizado por Silva et al. (2006), esses pesquisadores observaram que, os sistemas de manejo, campo nativo, preparo convencional, preparo reduzido e semeadura direta, não influenciaram a densidade e a porosidade total de um Argissolo Vermelho de textura média.

Somente o solo sob CN apresentou variação entre as camadas analisadas, sendo que, a camada de 0,10-0,20 m apresentou maior valor de porosidade total em relação às camadas de 0-0,10 e 0,20-0,30 m, corroborando os resultados obtidos por Almeida et al. (2014), que observaram variações de densidade e porosidade total entre as camadas de solo analisadas.

CONCLUSÕES

Constatou-se que os solos sob os diferentes sistemas de uso e manejo apresentaram grandes variações nos valores de densidade e porosidade total, demonstrando que o manejo empregado pode alterar os atributos do solo.

AGRADECIMENTOS

À Fazenda Juliana pelo apoio ao favorecer a área para realização deste experimento, ao PIBIC/CNPq/UFU pela disponibilidade da bolsa de estudos ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. X.; JORGE, R. F.; CENTURION, J. F. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho, sob sistema de semeadura direta e cultivo convencional. *Bioscience Journal*, v. 30, p. 1395-1411, 2014.
- ALMEIDA, R. C. Caracterização de propriedades de Cambissolos derivados de arenito submetidos a diferentes condições de manejo. 1998. 140f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; MOTA, J. C. A. Física do Solo: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: Ed. Imprensa Universitária, 2008. 290 p.
- ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; Propriedades Físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico cultivado e sob Mata Nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.337-345, 2004.
- BERTOL, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 155-163, 2004.
- CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; DIAS JÚNIOR, M. S. et al. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiro em três sistemas de manejo no Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa v.35, n.3, 2011.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 147-157, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 2018. 355 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, 2017. 577 p.
- FERREIRA, M. M.. Caracterização Física do Solo. In: LIER, Q. J. V. (Ed.). Física do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-27, 2010.
- KLEIN, V. A. Física do Solo. Passo Fundo: Ed. Universitária de Passo Fundo, 2008. 212 p.
- SECCO, D.; DA ROS, C. O.; SECCO, J. K. et al. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 407-414, 2005.
- SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argilossolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.329-337, 2006.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. et al. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.533-542, 2004.

Tabela 1. Densidade do Latossolo Vermelho argiloso, sob diferentes sistemas de uso e manejo, em diferentes camadas

Camadas (m)	CN	MN	CV	CA	FP	PA
Densidade do solo (Mg m^{-3})						
0-0,10	1,33 C a	0,91 A a	1,18 BC a	1,06 AB a	1,28 C a	1,33 C a
0,10-0,20	1,21 A a	1,07 A b	1,28 A a	1,10 A a	1,25 A a	1,23 A a
0,20-0,30	1,26 A a	1,16 A b	1,19 A a	1,32 A b	1,20 A a	1,27 A a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; letras maiúsculas referem-se à comparação de tratamentos; minúsculas comparam camadas de um mesmo tratamento. CN café no terceiro ano de implantação da lavoura; MN, mata nativa; CV, café no nono ano de implantação da lavoura; CA cultivo anual; FP, floresta plantada e PA, pastagem.

Tabela 2. Porosidade total do Latossolo Vermelho argiloso, sob diferentes sistemas de uso e manejo, em diferentes camadas

Camadas (m)	CN	MN	CV	CA	FP	PA
Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)						
0-0,10	0,48 Bb	0,56 ABa	0,55 ABa	0,59 Aa	0,50 ABa	0,50 ABa
0,10-0,20	0,56 Aa	0,53 Aa	0,52 Aa	0,56 Aa	0,54 Aa	0,52 Aa
0,20-0,30	0,48 Ab	0,51 Aa	0,55 Aa	0,56 Aa	0,52 Aa	0,55 Aa

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; letras maiúsculas referem-se à comparação de tratamentos; minúsculas comparam camadas de um mesmo tratamento. CN café no terceiro ano de implantação da lavoura; MN, mata nativa; CV, café no nono ano de implantação da lavoura; CA cultivo anual; FP, floresta plantada e PA, pastagem.

Capítulo 6



10.37423/220906600

PROBLEMAS AMBIENTAIS: A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO E PERCEPÇÃO AMBIENTAL PARA OS RECURSOS HÍDRICOS

Aparecido Gonçalo Magalhães

Faculdade de Tecnologia Fatec Cariri - FATEC

Cícera Poliana Alves Figueirêdo

Faculdade de Tecnologia Fatec Cariri - FATEC

Maria de Fátima dos Santos

Faculdade de Tecnologia Fatec Cariri - FATEC

Sebastião Sampaio Ribeiro

Faculdade de Tecnologia Fatec Cariri - FATEC

Vagner Sales dos Santos

Faculdade de Tecnologia Fatec Cariri - FATEC

Raimunda Aureniza Feitosa

Universidade Regional do Cariri - URCA

Patrícia Ferreira Alves

Faculdade de Tecnologia Fatec Cariri - FATEC

Janini Filgueira Rosas

Faculdade de Odontologia - CECAPÉ

Micaele Rodrigues Feitosa Melo

Faculdade de Odontologia - CECAPÉ

Willma José de Santana

Faculdade de Odontologia - CECAPÉ

Resumo: A inovação científica e o crescente desenvolvimento tecnológico das sociedades têm contribuído para o crescimento relativo dos efeitos nocivos para o meio ambiente. Todavia, o aumento exacerbado de impactos negativos é visível sobre o meio biológico, físico e social. Nesse contexto, a Educação Ambiental é essencial para todos os aspectos educativos, de forma que possa adentrar no cotidiano sensibilizando e esclarecendo alunos no âmbito escolar para trabalhar uma melhor percepção sobre a importância da utilização dos diversos recursos ambientais, no enfoque dos recursos hídricos no semiárido brasileiro. O objetivo deste estudo é verificar na literatura vigente e realizar uma revisão de literatura sobre a educação e percepção ambiental com enfoque nos problemas ambientais relativos aos recursos hídricos. O presente estudo define-se como uma revisão integrativa de abordagem qualitativa. A partir das seguintes palavras-chave: Semiárido, Meio ambiente, Água, Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental. A seleção respeitou critérios de inclusão e exclusão, obteve-se quarenta e oito (48) artigos científicos sendo utilizados dez (10) artigos, estes discorrem sobre a educação e percepção ambiental com enfoque nos problemas ambientais relativos aos recursos hídricos. A partir dos artigos selecionados, foi elaborado duas tabelas uma contendo dados dos artigos como: nome dos autores, ano das publicações, título entre outros. E outra: dividindo os artigos em categorias. A pesquisa relata uma reflexão de forma que possibilita compreender os problemas ambientais e a sua percepção de forma que possa auxiliar nos desafios socioeducacionais relativos ao meio ambiente no âmbito educacional. No que tange aos aspectos formais de uma Educação Ambiental propriamente dita, a percepção ambiental distingue a relevância fundamental da educação escolar, podendo de forma direta diagnosticar os métodos aplicados nas decisões de processos educacionais didáticos e metodológicos dos alunos que vivenciam constantemente a escassez hídrica do semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Semiárido, Meio ambiente, Água, Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental

INTRODUÇÃO

Os paradigmas conceituais da filosofia e da ciência no contexto mecanicista-racionalista que tange fortemente na cultura, no pensamento ambiental, nos modelos de desenvolvimento e na vida das sociedades ocidentais da atualidade (NETO, 2022). Os autores ainda reforçam a ideia de que o pensamento do ser humano voltados as atitudes e ações contraditórias ambientais parte da análise das condições socioambientais que causam conceitos relativos a atitudes inevitáveis de pensamentos retrógrados de uma educação ambiental.

A estrutura de desenvolvimento econômico atualmente, contribui para o abuso dos recursos naturais, acarretando em comportamentos humanos predatórios, em desconforme com o futuro e ocasionando quadros de risco severo. Assim, os recursos naturais são exauridos de forma irracional, sem escrúpulos e sem consideração de seu valor intrínseco (BRAGA et al., 2020). Sendo assim, a degradação proveniente seja pela utilização ou até o esgotamento dos recursos naturais e o modo de vida, orientado pelo consumismo desenfreado, exige uma prática efetiva em educação do meio ambiente (Bark, 2021).

De acordo com Camila FRAISOLI ACOT,

As questões ambientais eram discutidas aonde houve essa divisão entre países ricos e pobres; os países desenvolvidos e subdesenvolvidos, no caso da Índia, Argentina, Brasil e outros países africanos e latino-americanos, além do México e muitos outros ainda, em critérios de países ricos e desenvolvidos. (FRAISOLI ACOT, 2021, p. 21^a).

No Brasil, o enfrentamento da crise hídrica vem cada vez mais forte, modificando todo cenário no semiárido brasileiro reportando baixos índices hídricos (ANA, 2015). Segundo a Agencia Nacional de Água (ANA, 2015) todos os problemas enfrentados pela crise hídrica é de também agregado pelos fatores de demanda de gestão e de uso consciente dos recursos hídricos. O acesso à água potável e ao saneamento é um direito humano essencial ao pleno gozo da vida, e está intrinsecamente ligado aos direitos à vida, à saúde, à alimentação e à habitação (ONU, 2010).

No Brasil, o cenário da região semiárida compõe um campo onde a água se torna impropria para consumo e escassa na maioria dos reservatórios do semiárido do nordestino devido aos longos períodos de estiagem (SILVEIRA et al. 2020). No contexto, o autor enfatiza que a educação ambiental contribui para processo na promoção e auxilio de ações que possam preparar a sociedade na construção de um novo paradigma voltado a racionalidade dos recursos hídricos.

Todavia, a Educação Ambiental vem compondo um amplo espaço na valorização dos processos educativos interdisciplinares e transversais, promovendo a evolução e a sensibilização de atitudes da sociedade perante o campo ambiental. O tema meio ambiente abre portas para o processo de Educação Ambiental, condição necessária para a construção da consciência ambiental (SANTOS, 2015 apud CORRÊA et.al. 2022).

Observando a educação ambiental no campo social, ela pode construir uma premissa pedagógica articulada entre o conhecimento sobre os processos ambientais, bem como a intencionalidade dos sujeitos em sua relação com os elementos naturais e suas transformações socioambientais (Santos et. al.,2022).

Nesse sentido, a percepção ambiental requer uma atenção voltada ao nosso ambiente de forma mais coesa nas inter-relações entre o comportamento humano e o meio ambiente, frisando o melhor caminho no combate e controle dos efeitos nocivos para ambiente do meio social (MORAIS; JORDÃO, 2022).

Diante disso, buscar compreender a percepção social acerca dos recursos hídricos é importante e necessária para a implementação da educação voltada para o uso sustentável do meio ambiente e a preservação dos seus recursos, em ênfase os recursos hídricos, considerando a necessidade e a condição socioambiental no semiárido brasileiro proporcionando melhorias e qualidade de vida (LEMOS, ALTOÉ, COELHO 2018). Desta forma, haverá melhoria da qualidade de vida, diminuição da pobreza extrema e redução consciente do consumismo descontrolado (NASCIMENTO; CAMACHO; SOUZA, 2021)

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa de abordagem qualitativa. O método de revisão integrativa é a mais abrangente abordagem metodológica quando é pertencente às revisões, visto que permite a inclusão de estudos experimentais e não experimentais. Ajustado com dados da literatura teórica e empírica, tal qual definição de conceitos, revisão de teorias e evidencias, e análise de problemas metodológicos.

A abordagem qualitativa diz respeito a uma pesquisa onde os resultados são verificados de forma subjetiva e interpretativa. Para realização deste estudo, utilizou-se nas bases de dados no Google Acadêmico, Scientific Eletronic Library Online (SCIELO) e latino-americana e do Caribe em Ciências da

Saúde (LILACS), Periódicos CAPES, utilizando as seguintes palavras chave: Semiárido, Meio ambiente, Água, Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental.

A seleção respeitou critérios de inclusão e exclusão dos artigos disponíveis de forma completa e gratuita dos últimos 10 anos, nos idiomas Português, Inglês e Espanhol. Foram excluídos estudos que se mostravam repetitivos e inconclusivos. Obteve-se 48 artigos científicos, que após o uso dos critérios de inclusão e exclusão restaram 10 artigos para estudo, destes discorrem sobre os problemas ambientais e a importância da educação e percepção ambiental nos recursos hídricos. A pesquisa foi realizada por meio da determinação do tema, bem como da questão que direcionou a pesquisa, analisando os estudos relacionados, interpretando os resultados, e apresentando-os por meio da revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos artigos de interesse selecionados, foi elaborada uma tabela na qual foi descrita o título, nome dos autores, referência, ano das publicações, em quais revistas foram publicados os artigos, o objetivo e um resumo simples dos principais resultados dos artigos.

TÍTULO	AUTOR/ANO	REVISTA	OBJETIVO	RESULTADOS
01 Uma Análise da Percepção Ambiental e dos Recursos Hídricos em Escolas do Município de Nova Venécia-ES.	LEMOS, Ediu Carlos Lopes; ALTOÉ, Solivan; COELHO, Adilson Márcio. 2018	ARTIGO Revista Educação Ambiental em Ação. Vol. 17, N°. 66, 2018.	Avaliar a percepção ambiental de 824 alunos de 3 escolas públicas no município de Nova Venécia, quanto aos problemas de escassez hídrica na região.	Conclui-se que se fazem necessárias ações educativas na região, de forma que as pessoas percebam a importância de preservar e cuidar melhor deste recurso natural tão importante para existência da vida no planeta.
02 A Educação Ambiental em Comunidades Escolares: Um	PEREIRA, Daiane Fernandes; DA FONSECA, Letícia Rodrigues; FÁVARO, Leandro Costa	ARTIGO Revista Educação Ambiental em Ação.	Objetivo de oferecer respostas ao seguinte questionamento: como promover	Constatou-se que ao final de todas as atividades, os alunos foram capazes de

Estudo de Caso no Município de Nepomuceno – Minas Gerais	2019	Vol. 17, n. 67, 2019.	a sensibilização de comunidades escolares quanto à importância da preservação do meio ambiente? As ações contextualizadas neste trabalho se referem à Semana do Meio Ambiente que foi realizada no município de Nepomuceno – MG, entre os dias 04 a 08 de junho de 2018.	compreender os cenários que justificam as ações de sensibilização quanto a importância da preservação do meio ambiente e entenderam que os problemas socioambientais de ordem mundial são decorrentes das ações da sociedade.
03 Percepção ambiental de alunos do ensino fundamental da zona rural do Município de Paulista, Paraíba, Brasil	DANTAS, M. de M.; SILVA, GMM e; FREIRE, F. de O. 2021	Artigo Research, Society and Development, v. 10, n. 12. 2021	Objetivou-se neste trabalho identificar a percepção sobre o meio ambiente de alunos dos anos finais do ensino fundamental do município de Paulista-PB.	Foi identificado uma carência dos alunos em perceberem temas ambientais de forma interdisciplinar, porém, ficou evidenciado uma positiva participação da escola no processo de ações e projetos com a temática ambiental, contribuindo para o desenvolvimento crítico dos alunos perante aos problemas ambientais.
04 Percepção Ambiental na Conjuntura da	DE LACERDA ALMEIDA, Karla Estéfanny et al. (2021)	ARTIGO Revista Interdisciplinar	Objetiva analisar a importância da percepção	Com intuito de por meio das generalidades da PNRH compreender os

Gestão Integrada e Participativa dos Recursos Hídricos no Estado da Paraíba -		de Meio Ambiente. Vol. 3, nº. 1, p. e122. 2021.	ambiental no contexto da gestão integrada e participativa dos recursos hídricos no Estado da Paraíba, na medida em que, a lei reserva a sociedade uma responsabilidade central na condução da política e da gestão desses recursos.	seus contornos no âmbito estadual, evidenciando a necessidade de um processo contínuo de educação ambiental para uma possível mudança de pensamento e comportamento que efetivem a gestão participativa dos recursos hídricos paraibanos.
05 Estudo de Percepção Ambiental: Diferentes Perspectivas Acerca de Corpos D'água em Municípios do Nordeste Brasileiro	SILVA, J. N. M. et.al. (2021)	ARTIGO Revista For Science. Vol. 9, Nº. 1, p. e00802 e 00802, 2021.	O presente estudo visou identificar aspectos relacionados à percepção ambiental de corpos d'água das cidades de Palmeirais-PI e Beneditinos-PI, com o intuito de discutir sobre a frequência, ações de preservação, qualidade da água do rio Parnaíba e do açude Taboquinha, respectivamente.	Assim, concluiu-se que há necessidade de se implantar políticas públicas de conscientização dos frequentadores do açude, a fim de preservar o meio ambiente e ainda assim manter o turismo local.
06 Degradação de Recursos Hídricos e seus	MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. 2022	ARTIGO Revista de Saúde Pública. Vol. 36, p. 370-374.	Objetivo de analisar dados sobre a real disponibilidade dos recursos	É de importância fundamental a tomada de uma consciência ambientalista

Efeitos Sobre a Saúde Humana		2002	hídricos e o reflexo de sua degradação na saúde humana.	por parte das gerações atuais a fim de se evitar o estresse máximo do sistema hídrico, cuja efetivação está prevista para um futuro muito próximo.
07 A Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos como Estratégia para seu uso Sustentável no Brasil	DA COSTA, Fábio Augusto Alho. 2022	ARTIGO Revista de Direito e Sustentabilidade V. 7, Nº. 2, p. 113-132, 2022	Objetivou identificar o estágio de implementação deste instrumento, bem como seus desafios e perspectivas, visando trazer a sua importância para a democratização do acesso à água.	Observou-se que que há um desafio na efetiva cobrança bem com um incentivo ao consumo e exaustão do recurso.
08 Estudo das Percepções Apresentadas por Moradores do Entorno do Córrego José Joaquim, Sapucaia do Sul (RS): Percepção Ambiental Globalizante, Naturalista ou Antropocêntrica	KRUMMENAUER, Anne; BASSO, Luís Alberto. 2022	ARTIGO Revista Geografia.Uel. Vol. 31, n. 1 (2022)	O objetivo deste estudo é compreender as percepções apresentadas por moradores do entorno do córrego José Joaquim, Sapucaia do Sul (RS), sobre a água que é encontrada no meio urbano, e caracterizá-las	Apresentar uma concepção antropocêntrica do ambiente, ao passo que parte deles e os funcionários manifestaram visão higienista no tratamento dos recursos hídricos, o que indica a necessidade de desenvolvimento de políticas

			conforme três concepções de meio ambiente: naturalista, antropocêntrica e globalizante, fornecendo subsídios para a gestão ambiental do município.	públicas de educação ambiental e de incentivo à participação social na gestão desses recursos, como uma maneira de propiciar uma visão globalizante do córrego e revalorizar a água no ambiente urbano.
09	CITADINO, Andréia Citadino; WEBER, Bruna et al. 2022.	ARTIGO Revista Journal of Globalization, Competitiveness and Governability. Vol. 16. Nº 2.06 (2022)	O objetivo deste estudo é analisar se a educação para a sustentabilidade influencia a percepção dos estudantes de contabilidade sobre o FEW-Nexus.	Conclui-se que a educação para a sustentabilidade pode ser uma alternativa para conscientizar os jovens profissionais, que futuramente irão atuar na gestão de organizações públicas e privadas, frente aos desafios do FEW-Nexus.
10	ANTOS, A. A. dos; OLIVEIRA, M. L. de A.; SANTOS, N. P. de J.; WAGNER, P. F. G. B.	ARTIGOS Rev. Brasileira de Educação Ambiental [S. l.], Vol. 17, Nº. 3, p. 325–337 2022	O objetivo deste estudo buscou analisar o nível de conhecimento dos alunos do ensino fundamental II de uma escola municipal da cidade de Xique-Xique (BA) no que se refere aos	Como resultado foi observado que 92,3% do universo pesquisado relataram a existência de debates acerca do meio ambiente dentro do âmbito escolar.

conceitos e correlações pertinentes à temática ambiental.

FONTE: Dados LILACS, MEDLINE, SCIELO, GOOGLE ACADÊMICO, 2022.

Na concepção de coleta de dados embasados a partir dos artigos lidos e expostos, os estudos foram divididos em três categorias, conforme segue na tabela 2.

QUADRO 2 - Categorias do tipo de estudo, Brasil, 2022.

CATEGORIAS	ARTIGOS
01 – DOS RECURSOS HÍDRICOS	04, 05, 06, 07,
02 – DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL	01, 02, 03, 08, 09, 10

Fonte: Dados LILACS, MEDLINE, SCIELO, GOOGLE ACADÊMICO, 2022.

DOS RECURSOS HÍDRICOS

A problemática da degradação dos recursos, quando contextualizada para o semiárido brasileiro, se torna ainda mais urgente. Segundo SANTOS (2018), por se tratar de uma região naturalmente “castigada” por fatores climáticos que dificultam a qualidade da água sobretudo, a água superficial nesta localidade do Brasil.

Muitos impactos ambientais podem ser observados nas áreas urbanas e neste intuito podem-se destacar os recursos hídricos que sofrem graves pressões, sobretudo em virtude do elevado nível de urbanização e industrialização, que, em muitos casos, ocorre de forma inadequada comprometendo a qualidade dos ecossistemas localizados nas cidades (MORAIS 2021).

Em especial, enfrentar os sérios problemas de acesso à água, que atingem mais severamente a população de baixa renda dos pequenos municípios e das periferias dos grandes centros urbanos, é fundamental para avançar no caminho do crescimento ambientalmente responsável (ANA, 2005)

Os reservatórios do semiárido do nordeste do Brasil, se tornam impróprios e/ou escassos para o consumo em períodos de estiagens prolongadas, a exemplo do reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), que apresenta uma drástica redução do volume acumulado, acarretando um severo racionamento da distribuição de água em alguns municípios abastecidos pelo reservatório, incluindo a cidade de Campina Grande, Paraíba (VIANA et al., 2016 apud DANTAS, SILVA e FREIRE, 2021).

O semiárido possui uma trajetória marcada por diversos conflitos e eventos relacionados com a escassez de água. Esses conflitos, além de provocar inúmeros problemas de justiça ambiental, causam impactos desiguais nos grupos sociais que há décadas vem sendo castigados com a falta de recursos (SANTOS; SANTOS; SANTOS, 2014 apud SILVA et. al. 2020). Andrade e Cordeiro Neto (2016) criticam as ações estatais na região semiárida brasileira, que foram dirigidas sempre com o intuito de combate à seca, em uma realidade marcada por fome, flagelo, saques e insegurança. A partir do final do século XIX, porém com a mesma característica de políticas e medidas emergenciais, as ações estatais promoveram a construção de açudes, que, no entanto, privilegiavam muito mais os grandes proprietários rurais (ANDRADE; CORDEIRA NETO, 2016 apud NETO, 2022).

Como destaca Andrade (2019), o problema da falta d'água no Semiárido refere-se muito mais ao acesso regular do que ao seu volume. A falta de acesso ocorre especialmente para os mais pobres, que são muitíssimo mais fragilizados nos períodos de seca em virtude da estrutura socioprodutiva da região (ANDRADE; CORDEIRO NETO, 2016 apud DA COSTA, 2022).

Mas, se a crise é uma criação humana, pode também ser desfeita por essa mesma humanidade (ANDRADE; CORDEIRO NETO, 2016). Nesse sentido, “é importante perceber que a realidade social é transformável; que feita pelos homens, pelos homens pode ser mudada; que não é algo intocável, um fardo, uma sina, diante de que só houvesse um caminho: a acomodação a ela” (SILVA, 2020).

DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Para Durkheim (2011), Halal (2015) e Krummenauer (2022) o homem, mais do que formador da sociedade, é um produto dela, dessa forma, a educação beneficia a sociedade e quanto mais eficiente for o processo educativo, melhor será o desenvolvimento da comunidade em que a escola esteja inserida.

Para Santos, Grabowski e Schmitt, (2021, p.438).

Embora existam diversas diretrizes para a educação ambiental brasileira, há referência ao pluralismo de concepções pedagógicas nas práticas educativas ambientais, sendo que a valorização das concepções individuais dos educadores permite que o planejamento e a execução das práticas de educação ambiental articulem-se com as peculiaridades de cada situação e escola (SANTOS; GRABOWSKI; SCHMITT, 2021, p.438).

Segundo os autores, a educação ambiental promove projetos ambientais que são desenvolvidos em âmbitos escolares de forma que seja adequada a cada situação. A realidade da educação ambiental ainda consiste em uma resistência por muitos e é possível ver que ainda precisamos caminhar muito

para ter uma educação completa não apenas de transmissão de conteúdo, mas uma educação equilibrada pautada em profundas reflexões sobre os problemas ambientais que estão afetando a humanidade.

A Educação Ambiental (EA) foi foco em meio a debates mundiais e repercutiu seu espaço de forma fluida à medida que se torna uma preocupação com a natureza. LEMOS; ALTOÉ; COELHO, (2018) e SILVEIRA et al. (2020) enfatizam que no Brasil, o campo de visão da Educação Ambiental, surge como uma educação transformadora em meados de 1990, envolvendo o mundo inteiro para difundir o conhecimento ambiental e a construção de valores sustentáveis consciente e coletivo. Todavia, as atividades educacionais vêm representando um papel fundamental nas ações reflexivas sobre a educação ambiental (LEMOS, 2018). A razão pela qual a Educação Ambiental é um dos processos fundamentais na busca por alternativas para os problemas ecológicos (SANTOS, 2018).

A Educação Ambiental é um processo por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. Neste contexto, a educação ambiental entra em discussão na medida em que há uma busca de novos valores na relação entre o homem e o meio ambiente, aonde a educação torna-se essencial para a formação destes valores e o desenvolvimento de atitudes e comportamentos compatíveis com a manutenção da saúde ambiental (SOUZA et al, 2018; DE MORAIS et al, 2021).

O Brasil tem uma produção teórica e uma prática importante e diversificada em Educação Ambiental, seja nas instituições públicas ou nas organizações não governamentais. Também possui significativo marco legal, com previsão constitucional e uma gama de leis infraconstitucionais, como a que trata da Política Nacional de Educação Ambiental (SANTOS, 2018).

A Educação Ambiental se torna um ramo da educação que promove o conhecimento sobre o meio ambiente para o auxílio, preservação e utilização sustentável dos seus recursos. É um ato coletivo que dissemina habilidades, experiências, valores e a determinação que se tornam capaz de atuar na busca de soluções para os problemas ambientais atuais e futuros (COSTA; COSTA; ALMEIDA, 2009; SAUVÉ, 2016; ALARCON; BOELTER, 2019).

Contudo, configurar que a Educação Ambiental pode de fato conduzir a humanidade a adquirir a devida percepção do mundo, a fim de examinar e julgar toda a temática que envolve o meio ambiente, resgatando então, a tão almejada qualidade de vida. (COSTA et al., 2018).

Para as categorias nos “Problemas Ambientais e a percepção sobre Educação Ambiental para os recursos hídricos” verificamos estudos direcionados à: conceitos ou tendências para EA (Conservacionista, Pragmática e Crítica); práticas de EA (grupos focais, atividades extraclasse); e projetos de EA. Neste estudo, os pesquisadores apontaram que a percepção sobre Educação Ambiental e os recursos hídricos no Brasil é uma ferramenta imprevisível no processo de compreensão das relações entre ser humano e natureza (FISCHER et al., 2017). Adicionalmente, eles destacaram sua importância no processo de sensibilização e formação humanístico cidadã por meio do processo participativo permanente (COSTA et al., 2018; BRAGA et al., 2020).

As pesquisas analisadas para a categoria “Problemas Ambiental: Importância da Educação e Percepção Ambiental para os Recursos Hídricos” destacaram a percepção de determinado público acerca de: Recursos Hídricos, Escassez Hídrica, Educação como Chave para o Desenvolvimento Sustentável, Saneamento Básico; Problemas na Gestão dos Recursos Naturais em Geral; Mudanças Climáticas; Impactos Ambientais dos Recursos Hídricos; e Conscientização Educacional para Percepção Ambiental. Nesses estudos, os pesquisadores apontaram que a percepção sobre problemas hídricos e ambientais dentro do meio socioeducativo, visa uma mudança de qualidade de vida e preocupação em minimizar os impactos ambientais localizados em áreas mais afetadas. No entanto, eles reportaram que ainda existe pouca participação das comunidades urbanas e rurais para essas mudanças (SOUZA et al, 2018; DE MORAIS et al, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil vem enfrentando uma crise ambiental devido as ações diretas das intervenções desenfreada do homem, atingindo todos os aspectos socioculturais e que influenciam diretamente na degradação dos recursos naturais e consequentemente os recursos hídricos sofrem drasticamente com o aumento exacerbado de sua escassez, contribuindo com os impactos de efeitos nocivos na região do semiárido brasileiro.

A Educação Ambiental consegue de forma precisa contextualizar com um marco socioambiental na sensibilização da sociedade por meio da valorização educativa inclusa e dos paradigmas ambientais no combate à seca no semiárido para preservação e conservação do mesmo. Contudo, a Educação Ambiental abordada de forma interdisciplinar e sistêmica, os aspectos relacionados a formação de cidadãos conscientes no desenvolvimento de ações e atividades que busquem mitigar os danos ambiental.

Portanto, as pesquisas relacionadas aos problemas ambientais para a importância da educação e percepção ambiental dos recursos hídricos, tornam-se relevantes no âmbito socioeducativo, pois ela contribui nos diagnósticos e tomadas de decisões concisas na preocupação do uso consciente dos recursos naturais e para conservação e manutenção do mesmo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2014 - Brasília: ANA, 2015.

ANDRADE, J.A.; CORDEIRO NETO, J.R. Uma discussão sobre a possibilidade da criação institucional e sinergia entre Estado e sociedade: o caso do P1MC no Semiárido brasileiro. Caderno EBAPE.BR, v. 14, n° especial, p.551-568, 2016.

BRAGA, W. R. O.; JUNIOR, S. S. B.; SILVA, D. Pelo amor ou pela dor: A Percepção Ambiental de Estudantes Universitários Brasileiros. Revista Expectativa, v. 19, n. 1, p. 74-97, 2020. Acesso em 28 de maio de 2022

CITTADIN, Andréia et al. Influência da Educação para a Sustentabilidade na Percepção dos Estudantes em Ciências Contábeis sobre a Conexão dos Recursos Hídricos, Energéticos e Alimentares. Journal of Globalization, Competitiveness and Governability, v.16, n.2, 2022. Disponível em: <<https://gcjournal.georgetown.edu/index.php/gcg/article/view/4283> > Acesso em 13 de maio de 2022.

Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (2021). Rio+20. Disponível em: http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html. Acesso em: 05 maio 2022.

DE LACERDA ALMEIDA, Karla Estéfanny et al. Percepção ambiental na conjuntura da gestão integrada e participativa dos recursos hídricos no Estado da Paraíba Environmental perception in the setting of participatory water resource management in the state of Paraíba. RIMA, v. 3, n. 1, p. e122, 2021. Disponível em: <https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:8XsOksBKbMJ:scholar.google.com/+Percep%C3%A7%C3%A3o+ambiental+na+conjuntura+da+gest%C3%A3o+integrada+e+participativa+dos+recursos+h%C3%ADricos+no+Estado+da+Para%C3%ADba&hl=ptBR&as_sdt=0,5> Acesso em 04 de junho de 2022.

DA COSTA, Fábio Augusto Alho. A COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS COMO ESTRATÉGIA PARA SEU USO SUSTENTÁVEL NO BRASIL. Revista de Direito e Sustentabilidade, v. 7, n. 2, p. 113-132, 2022. Disponível em: <https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:LWP2TKeVR9cJ:scholar.google.com/+A+COBRAN%C3%A7A+PELO+USO+DOS+RECURSOS+H%C3%ADRICOS+COMO+ESTRAT%C3%89GIA+PARA+SEU+USO+SUSTENT%C3%81VEL+NO+BRASIL&hl=pt-BR&as_sdt=0,5 > Acesso em 29 de maio de 2022.

DE MORAIS DANTAS, Mateus et al. Percepção ambiental de alunos do ensino fundamental da zona rural do Município de Paulista, Paraíba, Brasil. Research, Society and Development, v. 10, n. 12, p. e128101220302e128101220302, 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20302> > Acesso em 22 de maio de 2022.

DURKHEIM, E. Educação e Sociologia. Rio de Janeiro/Petrópolis: Editora Vozes, 2011. 132p.

GOMES, J. N. D., SANTOS, L. A. D., & Aparecida, A. (2018). Educação Ambiental na conscientização e preservação do meio ambiente: Unidade Escolar Zezita Sampaio, Buriti dos Lopes, PI. Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental. Acesso em 20 de maio de 2022

HALAL, C. Y. Ecopedagogia: uma nova educação. Revista de Educação, v. 12, n. 14, p. 87-103, 2015.

KRUMMENAUER, Anne; BASSO, Luís Alberto. Estudo das Percepções apresentadas por Moradores do Entorno do Córrego José Joaquim, Sapucaia do Sul (RS): percepção ambiental globalizante, naturalista ou antropocêntrica. *Geografia (Londrina)*, v. 31, n. 1, p. 3151, 2022. Disponível em: <<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/44485> > Acesso em 18 de 2022.

LEMOS, Ediu Carlos Lopes; ALTOÉ, Solivan; COELHO, Adilson Márcio. UMA ANÁLISE DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS EM ESCOLAS DO MUNICÍPIO DE NOVA VENÉCIA-ES. *Educação Ambiental em Ação*, v. 17, n. 66, 2018.

LEMOS, Ediu Carlos Lopes; ALTOÉ, Solivan; COELHO, Adilson Márcio. UMA ANÁLISE DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS EM ESCOLAS DO MUNICÍPIO DE NOVA VENÉCIA-ES. *Educação Ambiental em Ação*, v. 17, n. 66, 2018. Disponível em: <<https://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3479> > Acesso em 01 de maio de 2022.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Revista de saúde pública*, v. 36, p. 370-374, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rsp/2002.v36n3/370-374/pt/> > Acesso em 05 de abril de 2022.

NETO, Pereira; CIRÍCIO, Manoel. Perspectivas da açudagem no semiárido brasileiro e suas implicações na região do Seridó Potiguar. *Sociedade & Natureza*, v. 29, p. 285-294, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sn/a/Yfr38bRyrzz3jwsfH6t5W5P/abstract/?lang=pt> > Acesso em 30 de maio de 2022.

ONU. Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010. A/RES/64/292. The human right to water and sanitation..[S.l:s.n.].2010 https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf

PI, PLANO DE INVESTIMENTOS. Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco – PERH/PE. 2022.

PEREIRA, Daiane Fernandes. FONSECA, Letícia Rodrigues da. FÁVARO, Leandro Costa. A EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM COMUNIDADES ESCOLARES: um estudo de caso no município de Nepomuceno – Minas Gerais. *Revista de Educação Ambiental*, Vol. XXI, N° 79 – ISSN 1678-0701, Junho-Agosto/2022. Disponível em: < <https://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3614> > Acesso em 02 de junho de 2022.

SANTOS, A. A. dos; OLIVEIRA, M. L. de A.; SANTOS, N. P. de J.; WAGNER, P. F. G. B. Análise da percepção ambiental dos alunos de uma escola da rede pública municipal de Xique-Xique (BA). *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 325–337, 2022. DOI: 10.34024/Rev. bea. 2022.v17.12757. Disponível em: < <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/12757> >. Acesso em: 12 abril. 2022.

SANTOS, E.; FOFONKA, L. Percepção Ambiental e Educação Ambiental: o uso de mapas mentais. *Revista Maiêutica, Indaial*, v. 3, n. 1, p. 17-24, 2015

SANTOS, TMM et al. Recursos hídricos: problemas ambientais e a importância da Educação e Percepção Ambiental. *Revista Educação Ambiental em Ação*, v. 65, 2018. Acesso em 20 de maio de 2022.

SOUZA, W.; AGUIAR, R. G. Educação Ambiental em duas escolas localizadas no entorno da Reserva Biológica do Jaru–Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, v. 13, n. 1, p. 172-191, 2018. Acesso em abril de 2022.

SANTOS, A. H. F.; MOL, M. P. G. Educação Ambiental no espaço escolar: percepção e perspectivas na Escola Municipal Professor Geraldo Basílio Ramos, Contagem-MG. *Educação Ambiental em Ação*, v. 17, n. 65, 2018. Acesso em abril de 2022.

SANTOS, A.R.R; SANTOS, C.A.; SANTOS, A.R. As relações de poder no semiárido nordestino. *Revista Ambivalências*, v. 2, n. 4, p. 151-164, 2014. Acesso em 07 de maio de 2022.

SANTANA, A.; ROMERO, F. C. Trilhas Urbanas e o seu papel na Percepção Ambiental e ressignificação da representação social de meio ambiente: um estudo de caso em uma escola pública brasileira. *Educação Ambiental em Ação*, v. 17, n. 67, 2019.

Capítulo 7



10.37423/220906611

ALTERAÇÃO NA MICROBIOTA PRESENTE EM SOLO DE CERRADO NATIVO EM DECORRÊNCIA DE SUA CONVERSÃO PARA CULTIVOS AGRÍCOLAS

Daniel Venâncio de Paula Correia

Universidade do Estado de Minas Gerais

Douglas Siqueira Freitas

Universidade do Estado de Minas Gerais

Bruna Wurr Rodak

Universidade do Oeste Paulista

Helder Barbosa Paulino

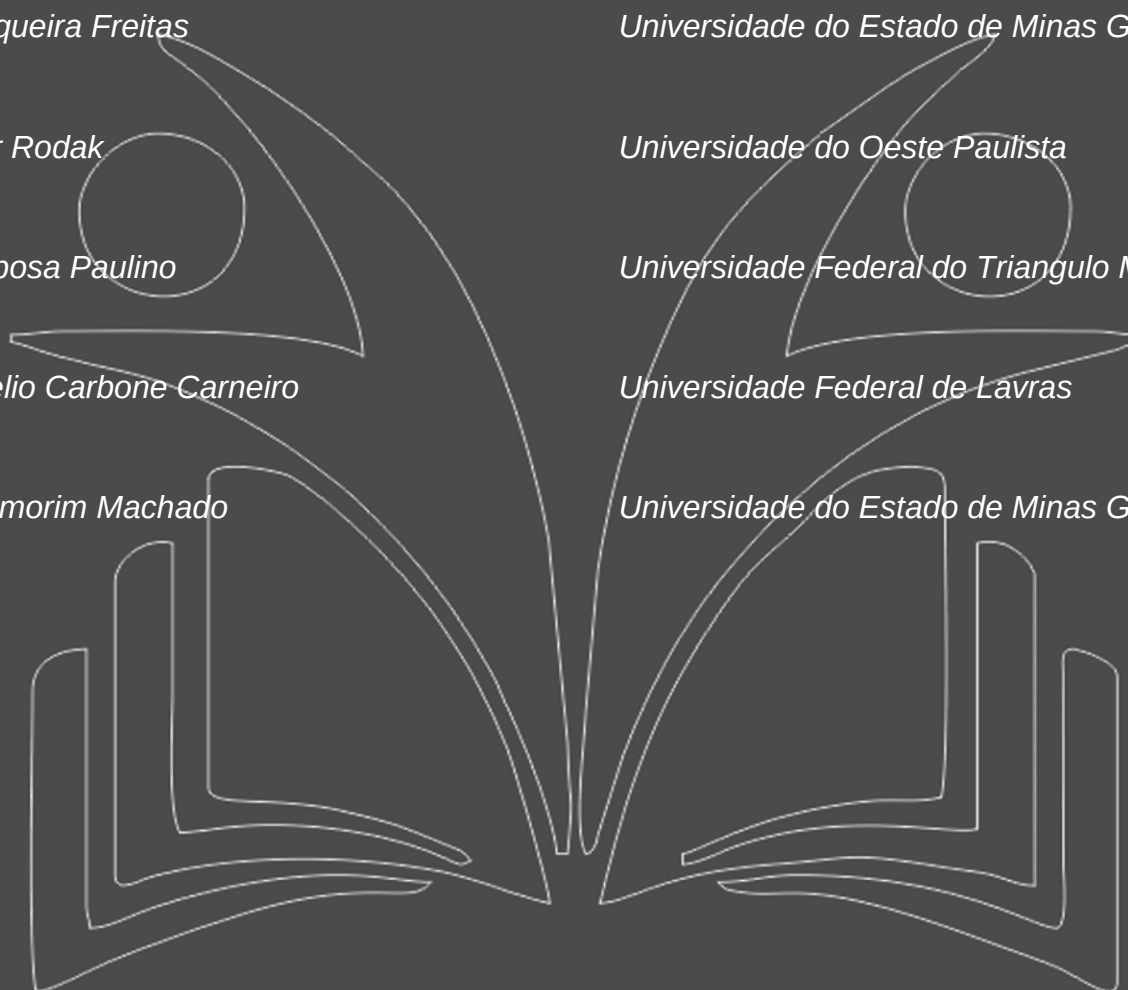
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Marco Aurelio Carbone Carneiro

Universidade Federal de Lavras

Henrique Amorim Machado

Universidade do Estado de Minas Gerais



Resumo: A partir de um enfoque microbiológico, a qualidade de solos nativos e cultivados na região do Cerrado, tem sido discutida tanto com viés conservacionista quanto para elevar a produtividade das espécies agrícolas. Posto que é laborioso levantar todos os parâmetros físicos e químicos que circundam a qualidade de um solo, e como a comunidade de fungos e bactérias sofre influência direta destes fatores, o estudo microbiológico pode responder sobre a qualidade de um sistema nativo ou cultivado. Neste trabalho, a biota presente no solo de uma área sob Cerrado nativo foi contrastada com aquelas presentes em solos sob variados sistemas de cultivo, plantio direto, integração lavoura-pecuária, cafeicultura, floresta de eucalipto clonal e pastagem não manejada, formando o objeto de estudo. Dentro de cada sistema de cultivo, foram coletadas 10 amostras compostas em forma de zigue-zague. A comunidade microbiológica foi avaliada quanto a sua densidade a partir da quantificação do carbono da biomassa microbiana, do carbono total, do nitrogênio da biomassa e do nitrogênio total. Visto que a avaliação quantitativa não foi suficiente para expressar o comportamento da comunidade microbiana, foi realizada também a análise do potencial metabólico baseada nos testes de capacidade degradativa de substratos, teste enzimático e respiração basal do solo, foram aplicadas. Os dados quantitativos mostraram que as áreas de pastagem e plantio direto apresentam biomassa microbiana semelhante a aquela presente no solo sob Cerrado nativo, porém divergem significativamente na capacidade degradativa dos substratos e na atividade enzimática, mostrando que o cultivo imprimiu certa seleção sobre a microbiota nestas áreas.

Palavras chave: Cultivo sustentável, microbiologia agrícola, solos cultivados, qualidade

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa configura-se como uma prospecção microbiana em áreas sob Cerrado nativo e cultivadas. Embora grandes extensões de terra sejam cultivadas em campos originados a partir do Cerrado, solos sob este Bioma são caracterizados por sua baixa fertilidade natural. Desse modo a remoção da vegetação nativa tem um maior impacto sobre as características físicas, química e biológicas nestes solos em comparação aos demais Biomas. Ademais, os principais cultivos agrícolas empregados em áreas de Cerrado, por mais adequados às condições físico-químicas do solo requeridas pela planta, têm uma visão pouco voltada aos impactos causados sobre a microbiota do solo.

Dentre as principais culturas anuais mais cultivadas no Cerrado podem ser citadas a soja, o algodão e o milho, dentre as culturas perenes estão o café e espécies frutíferas, além desses, grandes áreas sob pastagem podem ser encontradas e em menor expressividade cultivos florestais. Deste modo, os tratos culturais necessários à implantação e manejo dessas culturas como adubação, calagem, aração e/ou gradagem ou mesmo pela própria remoção das espécies nativas, resultam na alteração das propriedades do solo como temperatura, umidade e agregação, o que por sua vez provoca a seleção dos microrganismos que habitam o ambiente.

A mudança na estrutura de uma comunidade microbiológica influi diretamente sobre a relação solo-planta, uma vez que vários processos de importância vital dependem da ação de grupos específicos de organismos. Os processos de decomposição, ciclagem de nutrientes, agregação, imobilização, mineralização, solubilização, translocação, quelação, precipitação e fixação de nitrogênio, são exemplos simples de processos que podem ser alterados uma vez que a comunidade de microrganismos seja modificada. A ação nitrificante mediada por bactérias, é um exemplo clássico da disponibilização de formas assimiláveis de nitrogênio. Estes organismos também são responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio, do qual as espécies leguminosas são dependentes. Os organismos pertencentes ao reino Fungi são fundamentais nos processos de decomposição de resíduos depositados sobre o solo e em simbioses radiculares de fungos micorrízicos com plantas, que potencializam a absorção de vários nutrientes, em especial o fósforo. Como a densidade, atividade e diversidade desses organismos é reflexo direto das propriedades físico-químicas do solo associadas aos fatores ambientais, seu estudo reflete a qualidade dos ecossistemas.

Indicadores como a biomassa microbiana, o carbono orgânico e o nitrogênio total são comuns para o estudo da densidade de microrganismos. Contudo, seu uso de forma isolada pode gerar informações insuficientes, uma vez que somente a partir desta não é possível inferir com clareza, se a atividade de

um organismo ou grupo de organismos foi perdida/substituída ou se somente sua quantidade foi reduzida.

Neste sentido, este trabalho destina-se a verificar a intensidade da variabilidade microbológica de comunidades bacterianas e fúngicas, entre áreas sob Cerrado nativo e cultivadas, através da associação dos principais indicadores quantitativos e de potencial metabólico. Também almeja-se constituir a qualidade de solos cultivados em relação a área sob Cerrado nativo a partir de sua variabilidade microbiana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas experimentais estão compreendidas entre 17°55'28.80" e 17°56'16.52" de latitude sul e 51°42'33.95" e 51°43'46.58" de longitude oeste, situadas na fazenda experimental da Universidade Federal de Goiás, Regional de Jataí, Unidade Jatobá (Rodovia BR 364, Km 192 - Parque Industrial, Jataí - GO). Apresenta altitude média de 662 metros e relevo plano. O experimento em questão foi conduzido na época da safra (outubro). Os dados climáticos regionais foram obtidos na estação meteorológica situada na própria instituição (estação 83464). A pluviosidade média anual para a região é de 1800 mm com distribuição típica. As chuvas se concentram nos meses de outubro a abril, reduzem no mês de maio, cessando quase totalmente entre junho a setembro. As temperaturas médias anuais estão em torno de 26°C. Estas características são demonstradas no gráfico 1.

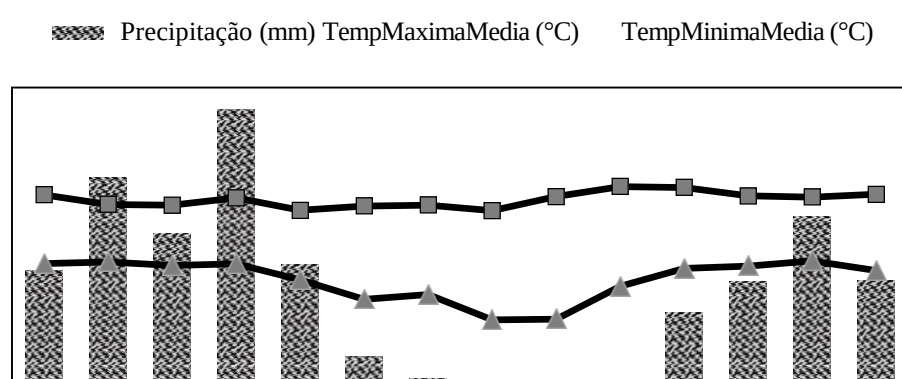


Gráfico 1. Climograma no qual são apresentados os dados de precipitação e temperaturas máximas e mínimas do ano de 2013 referentes ao município de Jataí-GO

Anterior ao processo de transformação em cultivos, as áreas eram inicialmente compostas com Cerrado sentido restrito (*Stricto sensu*). Esta fitofisionomia é caracterizada por árvores baixas e retorcidas, arbustos, subarbustos e ervas. Posto a fitofisionomia comum, distribuição típica de chuvas

e temperatura, além do tipo de solo e relevo semelhantes, os sistemas de cultivo/manejo plantio direto (PD), integração lavoura-pecuária (ILP), café (CA), floresta de eucalipto cultivada (FLO) e pastagem não manejada (PA) foram confrontados ao controle Cerrado nativo (CE). Para comparação destas áreas, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC). A distribuição destas dentro da fazenda experimental pode ser observada na imagem apresentada na figura 1.



Figura 1. Imagem de satélite de maio de 2021 na qual são apresentadas as posições das unidades experimentais dentro da regional da Universidade Federal de Goiás/Unidade de Jataí

A caracterização do uso e manejo das áreas em estudo foi realizada ao longo de dez anos através de um histórico, apresentado no quadro 2, formulado a partir de depoimentos e de imagens de satélite (2021 Maxar Technologies©) acessadas pelo software Google Earth® (Google Inc.).

Quadro 2. Histórico de uso e manejo que foram aplicados sob as áreas de cultivo

Tipo de Cultivo	Símbolo	Histórico de uso e manejo
Pastagem <i>Braquiaria brizanta</i> cv Marandú	PA	Esta área foi formada com gramíneas, quase exclusivamente por braquiarão (<i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandú). A pastagem é mantida de forma extensiva. Em geral, a área é ocupada com gado de corte em uma lotação de aproximadamente 0,5 unidade animal (UA)/ha. A área permanece sob o mesmo cultivo por mais de 20 anos. Área total 12,4 ha.
Plantio Direto Sucessão soja (<i>Glycine max</i>) / sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	PD	Nesta área, a sucessão soja/sorgo tem sido mantida a 18 anos sob sistema de plantio direto (i.e. cultivo mínimo). Em 2006 o solo foi corrigido com a aplicação de 3,5 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico. No ano de 2009 foi realizada a aplicação de 350 kg ha ⁻¹ de NPK (formulação 02-18-18). O sistema permanece nessa sucessão de cultivos e tratos culturais. Área total 30 ha.
Cerrado Nativo <i>Stricto senso</i>	CE	Nesta área o Cerrado foi classificado como sentido restrito (<i>stricto senso</i>), sendo composto por árvores baixas e retorcidas, arbustos, subarbustos e ervas. A vegetação nesta área é densa e com serapilheira espessa. As demais áreas, a aproximadamente 50 anos, foram todas originadas a partir desta mesma floresta de cerrado. Área total superior a 60 ha.
Floresta implantada de Eucalipto <i>Eucalyptus grandis</i>	FLO	A floresta cultivada de eucalipto está estabelecida a 6 anos sobre esta área. Esta floresta é formada com a espécie <i>E. grandis</i> e foi plantada adjacente a outras espécies de eucalipto e pinus (<i>Pinus elliottii</i>) para fins experimentais. Área total 2,8 ha.
Café <i>Coffea arabica</i>	CA	O cultivo foi iniciado no ano de 2001 com espaçamento 3x4 m. Para a correção do solo, no primeiro ano de plantio, houve a aplicação de calcário dolomítico, elevando a saturação por bases a 60%. Para incorporação deste adotou-se uma aração e duas gradagens. Anualmente nas entrelinhas tem sido realizado o manejo das plantas espontâneas com pulverização. A produtividade média era de 33 sacas/ha. A partir de 2008 até a data atual as plantas não foram mais colhidas e por isso não mais manejada, permanecendo sob pousio. Área total 7,2 ha.
		O primeiro cultivo adotado foi braquiarão, com animais criados em piquetes. Devido à falta de manejo houve a degradação da pastagem até o ano de 2009. Neste ano foi aplicado ao solo 2 Mg

Integração lavoura-pecuária <i>Braquiaria brizantha</i>/soja (<i>Glycine max</i>)	ILP	ha-1 de calcário dolomítico, incorporado até 20 cm, com uma aração e duas gradagens. No ano de 2010, ocorreu o primeiro plantio de soja, dando início ao processo de integração. Para a safra deste ano, realizou-se a aplicação de 350 kg ha-1 de NPK (formulação 02-18-18). Após a colheita, foi realizada a semeadura de <i>Urochloa ruziziensis</i> sem adubação, posteriormente submetida a pastejo. Na safra 2010/11 houve um novo cultivo de soja com a aplicação de 350 kg ha-1 de NPK (formulação 00-20-20). Durante o período de pastagem, a área é lotada com gado leiteiro e eventualmente por gado de corte, não ultrapassando 2 UA/ha. Toda a produção da gramínea é direcionada a criação dos animais a pasto. Área total 22 ha.
--	------------	--

A caracterização química foi realizada de forma padrão conforme proposto pela EMBRAPA. Os dados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Análise química padrão do solo da camada de 0 a 20 cm de profundidade em pastagem de braquiária extensiva (PA), sucessão soja/sorgo em sistema de plantio direto (PD), Cerrado nativo (CE), floresta implantada de eucalipto (FLO), café (CA) e integração lavoura-pecuária (ILP)

CULTIVO	pH	K	P	Ca	Mg	Al	SB	t	T
		--- mg dm ⁻³ ---			----- cmol dm ⁻³ -----			-- cmol dm ⁻³ --	
PA	5,8	70	1,5	2,9	2,0	0,1	5,8	5,8	9,8
PD	5,6	96	15,0	3,3	1,5	0,1	5,0	5,0	9,4
CE	5,2	55	0,9	0,4	0,2	0,5	0,9	1,2	8,7
FLO	5,6	105	6,3	2,8	1,8	0,2	4,9	5,1	10,1
CA	6,0	61	8,1	4,0	1,2	0,0	5,5	5,6	8,8
ILP	5,6	141	2,9	2,9	1,4	0,1	4,7	4,8	9,5

A análise granulométrica foi realizada conforme proposto por Camargo et al. (1986) utilizando o método densimétrico, conforme observado na tabela 2.

Tabela 2 - Análise física do solo da camada de 0 a 20 cm de profundidade em pastagem de braquiária extensiva (PA), sucessão soja/sorgo em sistema de plantio direto (PD), Cerrado nativo (CE), floresta implantada de eucalipto (FLO), café (CA) e integração lavoura-pecuária (ILP)

Cultivo	Classificação do solo	Argila	Silte	Areia
		 dag/kg		
PA	Textura Argilosa	58	29	13
PD	Textura Argilosa	56	23	21
CE	Textura Argilosa	46	06	48
FLO	Textura Argilosa	57	23	20
CA	Textura Argilosa	40	31	29
ILP	Textura Média	23	53	24

O solo foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Latossolo Vermelho Distroférrico, horizonte A moderado, fase relevo plano e basalto como rocha de origem.

2.2 AMOSTRAGEM

A coleta das amostras nas áreas experimentais foi realizada nos dias 29 e 30 de outubro de 2013 em forma de transecto. O transecto foi constituído longitudinalmente por 10 pontos distando 20 metros entre si, sendo os pontos coletador em zigue-zague. Foram realizadas 3 coletas por ponto para formar uma amostra composta. Para cada ponto de coleta foi aberta uma trincheira e com o auxílio de espátulas as amostras foram retiradas e acondicionadas em sacos plásticos. As espátulas foram limpas

e flambadas entre cada sistema de cultivo. Foram coletadas amostras de 0 a 10 cm para as análises microbiológicas e 0 a 20 cm para a análise de fertilidade.

As amostras destinadas as análises microbiológicas foram imediatamente transferidas para caixa térmica com gelo e ao fim da coleta de cada área, estas foram transferidas e armazenadas em câmara fria a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Em cada sub-amostra foram retirados 25 gramas para determinação da umidade.

2.3 INDICADORES

2.3.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA

A metodologia para a quantificação do carbono presente na biomassa microbiana utilizada foi proposta por Vance et al., (1987). O método tem como princípio que o carbono orgânico extraível por K_2SO_4 (0,5 M), considerado como extrator fraco, após a fumigação por 24 horas com clorofórmio (livre de álcool), é proveniente das células microbianas que compõem a biomassa. O procedimento teve início com a pesagem de 7 sub-amostras para cada amostra de solo coletada no campo, de forma a evitar/reduzir a presença de erros de análise. Cada amostra foi correspondente a 25 gramas de solo úmido. Das 7 sub-amostras, 3 foram submetidas ao processo de fumigação, 3 não foram submetidas ao processo e 1 foi utilizada para determinação do peso seco do solo.

As 3 sub-amostras não fumigadas seguiram diretamente, após a pesagem, para a extração. O processo de extração consistiu na adição de 100 ml de K_2SO_4 (0,5 M) em 25 gramas de amostra de solo, em seguida o conjunto foi então agitado por 30 minutos e a suspensão resultante filtrada (papel de filtro Whatman® n° 42). Uma vez extraídas, as sub- amostras foram estocadas em câmara fria por um curto período de tempo.

As outras 3 sub-amostras que foram submetidas a fumigação foram transferidas a um dessecador forrado com papel toalha umedecido. Ao dessecador foram adicionados 25 mililitros de clorofórmio purificado (livre de álcool) em um Becker pequeno com pérolas de vidro (as pérolas de vidro evitam, até certo ponto, que a retirada de pressão atue de forma não homogênea sobre o clorofórmio, o que provocaria seu extravasamento). O dessecador foi tampado (a adição de vaselina em pasta, ao longo da tampa, foi utilizada para auxiliar a vedação) e submetido a vácuo com auxílio de uma bomba (New Pump®, 650) até a verificação de borbulhamento no clorofórmio. A partir deste ponto a bomba manteve pressão negativa constante por 3 minutos. O bico de vedação da tampa foi então fechado e as sub- amostras incubadas à 27°C por 24 horas, ao abrigo de luz. Após este período retirou-se o papel toalha e o Becker contendo clorofórmio e dois vácuos sucessivos (50 libra-força por polegada

quadrada ou Psi) foram promovidos de forma a retirar o excesso do agente fumigante. A extração foi realizada tal qual descrito para as amostras não fumigadas.

O carbono orgânico dos extratos foi determinado pela digestão de 8 ml do extrato filtrado, proveniente tanto da fumigação quanto da não fumigação, com 2 ml de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e uma mistura de 2 partes de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e uma parte de ácido fosfórico (H_3PO_4) concentrados. A mistura foi levada a chapa aquecedora por 8 minutos. Uma vez resfriadas, adicionou-se 10 ml de água destilada em cada sub-amostra.

O excesso de $K_2Cr_2O_7$ foi determinado por titulação com sulfato ferroso amoniacal, usando difenilamina como indicador até a mudança da cor azul escuro para a cor verde garrafa. Nas amostras em branco utilizou-se o mesmo procedimento, exceto que o extrato foi somente K_2SO_4 , ou seja, não possuía solo, como nas demais amostras, evitando assim interferências dos reagentes. A quantidade de $K_2Cr_2O_7$ consumida foi calculada pela diferença entre a digestão do branco subtraída daquela restante na digestão do extrato de solo. O cálculo do carbono da biomassa microbiana foi realizado conforme a seguinte equação (VANCE et al., 1987):

$$C - BMS = \frac{F - NF}{K_{ec}}$$

Na qual:

- C-BMS: Carbono presente na biomassa microbiana (μg de C/g solo seco⁻¹);
- F: Valor da amostra fumigada;
- NF: Valor da amostra não fumigada;
- Kec: Fator de correção 0,3 proposto por Feigl et al. (1995) para solos tropicais.

2.3.2 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO

As reações microbiológicas envolvendo o suprimento de energia são baseadas na transferência de elétrons de um doador para um aceptor. No caso da respiração, resultante da oxidação da matéria orgânica por microrganismos aeróbicos, o oxigênio funciona como aceptor final de elétrons, tendo como produto final o dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). Portanto, a atividade metabólica dos microrganismos pode ser medida pela produção de CO_2 ou consumo de oxigênio (O_2).

O método proposto por Buyanovsky et al., (1986) se baseia no princípio de que o CO_2 evoluído durante a incubação do solo, em sistema fechado, capturado em solução de NaOH e titulado com ácido

clorídrico (HCl), é representativo da atividade respiratória do solo. Para a aplicação do método 25 g de solo peneirado foram pesados (55% capacidade de campo) em Becker e colocados ao fundo de um recipiente que pudesse ser lacrado. Foram então pipetados 25 ml de NaOH (0,05 M) no recipiente, fechando-o hermeticamente. Para testemunhas (controles), foram usados 3 recipientes com NaOH (0,05 M) sem solo. As amostras foram incubadas por 3 dias a 25°C, ao abrigo de luz.

Para a estimativa do CO₂ evoluído, os recipientes foram abertos e a superfície externa de cada Becker foi lavada com água livre de CO₂, de forma a manter toda a solução de NaOH dentro deste. Adicionou-se, então, imediatamente, 5 ml de cloreto de bário di-hidratado (BaCl₂. 2H₂O, 0,5 M) e duas gotas do indicador fenilalamida. Em seguida foi adicionado HCl (0,05 M) em gotas sob agitação constante com bastão magnético até que o composto se tornasse incolor. O cálculo da taxa de respiração foi realizado conforme a seguinte equação (BUYANOVSKY et al., 1986):

$$\text{Resp (mg/Ps/t)} = \frac{(\text{V}_0 - \text{V}) \cdot 1,1}{\text{Pss}}$$

Na qual:

- Resp: Atividade respiratória do solo dada pelo sequestro de CO₂ (mg);
- PS: Quantidade de solo seco (g);
- t: Tempo de incubação (s);
- Vo: Volume de HCl usado para titulação do controle (ml);
- V: Volume do HCl usado para a amostra de solo (ml);
- Fator de conversão: 1 ml NaOH (0,05 M) corresponde a 1,1 mg CO₂;
- Pss: Peso seco de 1 g de solo úmido.

2.3.3 CARBONO TOTAL DO SOLO

A quantificação do carbono em analisador CHNS Elementar (Vario MICRO Cube®). Para estas análises, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, maceradas e passadas em peneira de 2 mm de malha. Em seguida, em folhas de estanho, foram pesados aproximadamente 2 mg de solo para cada sub-amostra (como este aparelho faz a correção de peso das amostras não foi necessária uma pesagem exata das mesmas). As folhas foram então dobradas de forma a circundar todo o material e

em seguida transferidas para a plataforma de recebimento. No aparelho, as amostras foram aquecidas a 1800°C, provocando a volatilização (queima total) dos compostos carbônicos e nitrogenados presentes nos solos. Uma vez na forma gasosa, a separação foi realizada pelo sistema TPD (desorção programada por temperatura) e a detecção dos gases foi realizada pelo sensor TCD (detector de condutividade térmica). Três repetições foram adotadas para cada ponto de coleta no campo. Faz-se importante ressaltar que na mudança entre áreas novos brancos foram realizados.

2.3.4 QUOCIENTE METABÓLICO (QCO₂)

O quociente metabólico estima a eficiência da conversão do carbono em biomassa e foi calculado pela razão entre o carbono evoluído na respiração e o carbono contido na biomassa microbiana, conforme calculado pela equação (FUKUSHIMA et al., 2003):

$$qCO_2 = \frac{RBS}{C - BMS \cdot 10^{-3}}$$

Na qual:

- qCO₂: Quociente metabólico em mg C-CO₂ g⁻¹ BMS h⁻¹;
- RBS: Respiração basal do solo em mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹;
- C-BMS: Carbono da biomassa microbiana em mg C kg⁻¹ solo).

2.3.5 QUOCIENTE MICROBIANO (QMIC)

A razão entre C microbiano e carbono orgânico total do solo é conhecida como quociente microbiano (qMIC). O quociente microbiano indica o carbono disponível para crescimento microbiano, de modo que valores mais altos devem estar relacionados a solos de melhor qualidade. O quociente microbiano foi calculado conforme proposto por Kaschuk et al. (2009):

$$qMIC = \frac{C - BMS}{COT}$$

Na qual:

- qMIC: Quociente microbiano;
- C-BMS: Carbono da biomassa microbiana;

- COT: Carbono orgânico total.

2.3.6 NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA

Os mesmos extratos obtidos na quantificação do C-BMS foram utilizados para a análise de nitrogênio da biomassa microbiana (N-BMS). O método adotado foi proposto por Brookes et al. (1982) e adaptado por Nogueira & Souza (2005). Este baseia-se na decomposição da matéria orgânica através da digestão da amostra a 350°C com ácido sulfúrico concentrado, em presença de sulfato de cobre (catalisador) que acelera a oxidação da MOS. O nitrogênio presente na solução ácida resultante é determinado por destilação por arraste de vapor (Kjeldahl), seguida de titulação com um ácido diluído, em geral ácido sulfúrico.

O procedimento foi iniciado pela transferência de 5 ml do extrato (fumigado e não fumigado) para os respectivos tubos de digestão. Em seguida, adicionou-se 5 ml da solução digestora em cada tubo. As amostras ficaram em repouso por 10 minutos a temperatura ambiente. Após este período, foi adicionado 8 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) de alta pureza. A saída dos tubos foi parcialmente vedada com papel alumínio. Esta etapa do processo foi crucial para evitar o extravasamento e contaminação de amostras. O conjunto foi levado para o bloco digestor (60 amostras) para aquecimento. O controle de temperatura ocorreu de forma gradativa. Inicialmente o ajuste foi de 0 a 60°C por 15 minutos, em seguida a temperatura foi elevada para 100°C durante 30 minutos. As amostras foram então ajustadas a 120°C, permanecendo nesta temperatura durante 2 horas. Passado este prazo, a elevação de temperatura foi sequencial de 50 em 50°C até o limite máximo de 350°C. A obtenção do extrato levemente azulado marcou o ponto de retirada das amostras (indicando que todo o nitrogênio da amostra foi convertido a sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)).

As amostras foram então retiradas do bloco digestor até que atingissem a temperatura ambiente. Em seguida, as amostras foram levadas a destilação. Esta etapa consistiu em saturar o sulfato de amônio produzido na digestão com aproximadamente 2 ml de hidróxido de sódio (NaOH). A amônia que se desprende nesta reação foi coletada num frasco contendo ácido bórico (H_3BO_3) com o indicador. Considerou-se terminado o processo quando toda a amônia se desprende, ou seja, a solução que apresentava coloração rósea adquire a cor azulada à medida se forma o borato de amônio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$). Um limite de 50 ml de volume foi delimitado no coletor para encerrar o processo de destilação. Em seguida procedeu-se a titulação do destilado com uma solução de H_2SO_4 (0,005M) até a mudança da

cor verde para rosa. O cálculo do nitrogênio da biomassa microbiana foi realizado conforme a seguinte equação (BROOKES et al., 1982):

$$N - BMS = \frac{F - N_F}{K_N}$$

Na qual:

- N-BMS: Nitrogênio presente na biomassa microbiana (μg de C/g solo seco-1);
- F: Valor da amostra fumigada;
- NF: Valor da amostra não fumigada;
- KN: Fator de recuperação igual a 0,54 (BROOKES et al., 1982).

2.3.7 NITROGÊNIO TOTAL DO SOLO

A quantificação do nitrogênio foi realizada em analisador CHNS Elementar (Vario MICRO Cube©) da mesma forma apresentada para carbono total do solo.

2.3.8 PERFIL FISIOLÓGICO DO SOLO

Assim como o MicroPlate (BIOLOG™) e outros kits com a mesma finalidade, o API®20NE (Biomérieux), utilizado neste experimento, foi originalmente desenvolvido para fins médicos, contudo é atualmente utilizado para testar a capacidade de utilização de fontes de carbono por microrganismos de solo (SMALLA et al., 1998; GARLAND, 1999; STEFANOWICZ, 2006). O kit foi composto por 19 substratos, conforme apresentado nos quadros 3 e 4.

Quadro 3. Fontes presentes no kit API®20NE, reações utilizadas para detectar a ocorrência de assimilação e fórmulas químicas

Componentes ativos	Reações de assimilação	Fórmula
Ureia	Atividade da urease	$\text{C}_1\text{H}_4\text{N}_2\text{O}$
Ácido malato	Assimilação (Malato)	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$
L-arabinose	Assimilação (Arabinose)	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$
L-arginina	Atividade da arginina dihidrolase	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}_2$
D-glucose	Fermentação (Glucose)	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
D-glucose	Assimilação (Glucose)	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
D-manose	Assimilação (Manose)	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
D-manitol	Assimilação (Manitol)	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$
Potássio gluconato	Assimilação (Potássio gluconato)	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$

Ácido adipato	Assimilação (Ácido adípico)	$C_6H_{10}O_4$
Citrato de trisódio	Assimilação (Citrato de trisódio)	$C_6H_5Na_3O_7$
N-acetil-glucosamina	Assimilação (N-acetil-glucosamina)	$C_8H_{15}NO_6$
Ácido fenil-acetato	Assimilação (Ácido fenil-acetato)	$C_8H_8O_2$
Ácido caprato (cáprico)	Assimilação (Ácido decanóico)	$C_{10}H_{20}O_2$
L-triptofano	Formação de indol (Tryptofano)	$C_{11}H_{12}N_2O_2$
D-maltose	Assimilação (Maltose)	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Esculina com citrato de ferro	Hidrólise da esculina (β -glucosidase)	Composto
Gelatina (origem bovina)	Hidrólise da gelatina (protease)	Composto
Nitrofenil- β -galactopiranosídeo	Atividade da N- β -galactopiranosidase	Composto

Fonte: (ROBERTS & JONES, 2012; KOOTSTRA et al., 2009; HANEY & FRANZLUEBBERS, 2009)

Quadro 4. Relação entre os componentes do Kit API® 20NE com o tipo de substrato que se constituem

Componentes ativos	Tipo de substrato
Ureia	Componente orgânico como grupo funcional $NH_2-C=O$
Ácido malato	Ácido orgânico pertencente ao grupo dos ácidos carboxílicos
L-arabinose	Monossacarídeo, grupo funcional aldeído (CHO)
L-arginina	Aminoácido utilizado como fonte de C/N por cepas bacterianas
D-glucose	Monossacarídeo simples decomposto em condições anaerobióticas
D-glucose	Monossacarídeo simples decomposto em condições aerobióticas
D-manose	Segunda pentose mais abundante em resíduos vegetais de gramíneas
D-manitol	Relacionado a situações de estresse, grupo funcional álcool
Potássio gluconato	Sal de potássio que conjuga bases de ácido glucônico
Ácido adipato	Ácido orgânico dicarboxílico raramente encontrado na natureza
Citrato de trisódio	Sal de sódio derivado do ácido cítrico
N-acetil-glucosamina	Constituinte importante da parede celular, grupo funcional amida.
Ácido fenil-acetato	Composto aromático, grupos funcionais fenil e ácido carboxílico
Ácido caprato (cáprico)	Ácido graxo saturado encontrado em óleos vegetais
L-triptofano	Aminoácido, grupo funcional indol
D-maltose	Dissacarídeo formado por duas unidades de glicose
Esculina com citrato de ferro	Substrato composto por ágar diferencial seletivo (<i>Enterococcus</i> sp.)
Gelatina (origem bovina)	Substrato composto por proteínas derivadas da hidrólise do colágeno
Nitrofenil- β -galactopiranosídeo	Substrato cromogênico para detecção da atividade da β -galactosidase

Fonte: (ROBERTS & JONES, 2012; KOOTSTRA et al., 2009; HANEY & FRANZLUEBBERS, 2009)

O principal ponto a ser considerado na utilização de Kits como este para análises em solo faz referência a padronização da quantidade de microrganismos em cada área avaliada (PRESTON-MAFHAM et al., 2002), uma vez que elevadas concentrações destes podem resultar em uma resposta mais rápida, mascarando o resultado. Neste estudo a padronização do número de microrganismos para área agrícola foi baseada no teor de carbono da biomassa microbiana. A padronização foi obtida com a diluição seriada em solução de Ringer a ¼ da força (SIGMA-ALRICH, USA) até a opacidade de 0,5 na escala McFarland. Uma vez padronizadas, as amostras foram inoculadas em meio ágar-água 10% e

incubadas durante 24 horas a 25°C. Em seguida as amostras foram inoculadas nas galerias do Kit com auxílio micropipetas. No prazo de 12, 24 e 48 horas foram observadas e anotadas as respostas das áreas na presença dos diferentes substratos, conforme a recomendação do fabricante. A identificação da atividade dos microrganismos é estimada através da degradação ou não das fontes, conforme recomendado pelo fabricante.

2.3.9 PERFIL ENZIMÁTICO DO SOLO

Os microrganismos são vistos como a principal fonte de enzimas no solo e por isso o estudo de sua atividade reflete diretamente sobre a qualidade das funções e processos no sistema edáfico, seja decorrente das práticas de manejo ou do ambiente (QUILCHANO & MARANÓN, 2002; ARAÚJO & MONTEIRO, 2007; CLAASSENS et al., 2008; YANG et al., 2008). Para a quantificação da atividade nos sistemas estudados o Kit API®20ZYM (Biomérieux), com uma gama de 19 enzimas (Quadro 5), foi adotado.

Este kit segue as mesmas especificações descritas para o Kit API® 20NE. Após a inoculação, as galerias foram incubadas durante 4 horas a 37°C, sob lenta agitação e ao abrigo de luz. Após este período foram realizadas as leituras, conforme especificado pelo fabricante.

Quadro 5. Enzimas presentes no Kit API®20ZYM, grupo enzimático a qual pertencem, reações utilizadas para detecção da atividade enzimática e tipo de atividade indicadora no solo

Enzima	Grupo Enzimático	Reação Enzimática	Atividade Indicadora
α -galactosidase	Galactohidrolase	Hidrólise de moléculas carbônicas (α -galactosídeos)	Ciclagem do carbono
β -galactosidase	Galactohidrolase	Hidrólise de moléculas carbônicas (β -galactosídeos)	Ciclagem do carbono
α -glucosidase	Glucohidrolase	Hidrólise da celobiose e outros compostos carbônicos	Ciclagem do carbono
β -glucosidase	Glucohidrolase	Hidrólise da celobiose e outros compostos carbônicos	Ciclagem do carbono
β -glucosaminidase	Glicosidase	Hidrólise de cadeias terminais de quitooligossacarídeos	Ciclagem do carbono e nitrogênio
α -manosidase	Manohidrolase	Hidrólise de açúcares aminados	Ciclagem do carbono e nitrogênio
α -fucosidase	Glicosidase	Hidrolise de glicoproteínas	Ciclagem do carbono e nitrogênio
Tripsina	Protease	Hidrólise de aminoácidos	Ciclagem do carbono e nitrogênio
α -quimiotripsina	Protease	Hidrólise de polímeros insolúveis e adsorvidos	Ciclagem do carbono e nitrogênio
Leucina arilamidase	Aminopeptidase	Mineralização de nitrogênio	Ciclagem do nitrogênio

Valina arilamidase	Aminopeptidase	Mineralização de nitrogênio	Ciclagem do nitrogênio
Cistina arilamidase	Aminopeptidase	Mineralização de nitrogênio	Ciclagem do nitrogênio
Urease	Hidrolase/Esterase	Hidrólise da uréia (Transformação)	Ciclagem do nitrogênio
Fosfatase ácida	Fosfatase	Liberação de PO_4^- (pH ácido) (ATP independente)	Ciclagem do fósforo
Fosfatase alcalina	Fosfatase	Liberação de PO_4^- (pH básico) (ATP independente)	Ciclagem do fósforo
Fosfohidrolase	Fosfatase	Hidrólise de grupos fosfáticos (ATP dependente)	Ciclagem do fósforo
Esterase (C4)	Hidrolase	Hidrólise de grupos ésteres e não-ésteres	Detoxificação de xenobióticos
Esterase lipase (C8)	Hidrolase	Hidrólise de grupos ésteres, não-ésteres e triacilgliceróis	Detoxificação de xenobióticos
Lipase (C14)	Hidrolase	Hidrólise de grupos ésteres e de triacilgliceróis	Detoxificação de xenobióticos

Fonte: (ELVAZRT et al., 1990; BARON et al., 1999; DICK et al., 2000; FOJAN et al., 2000; PARHAM & DENG, 2000; MÜLLER & MÜLLER, 2004; ARAÚJO & MONTEIRO, 2007; LIU et al., 2008; SARDANS et al., 2008; TOMASI et al., 2008; MARTÍNEZ-IÑIGO et al., 2009; CHENG et al., 2010; QIN, et al., 2010; ROBERTS & JONES, 2012; VRANOVA et al., 2013)

2.3.10 ATIVIDADE DA UREASE

A urease é uma enzima amplamente distribuída na natureza, sendo produzida pelos microrganismos, plantas e animais. Esta atua na hidrólise da uréia liberando amônia, convertida a amônio, que é então absorvida pelas plantas e microrganismos do solo, e por isso está intimamente ligada a eficiência da adubação nitrogenada, principalmente quando se utiliza ureia como fonte (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A quantificação da atividade da urease foi baseada na determinação da amônia liberada após a incubação do solo com uma solução de uréia, conforme proposto por Alef & Nannipieri (1995). A quantificação foi iniciada pela pesagem de 5 g de solo. Adicionou-se então 9 ml de tampão (padrão com pH 9) e 1 ml de solução com uréia ($0,2 \text{ mol L}^{-1}$). As amostras foram incubadas por 2 horas em estufa a temperatura de 37°C . Após a incubação foram adicionados 35 ml de sulfato de prata cloreto de potássio ($\text{KCl} - \text{Ag}_2\text{SO}_4$) para interromper a reação. As amostras foram então agitadas por 5 minutos e por mais 5 minutos ficaram em repouso a temperatura ambiente. Após esse período, completou-se o volume para o total de 50 ml com $\text{KCl} - \text{Ag}_2\text{SO}_4$ e agitou-se novamente. Da solução obtida, foram pipetados 20 ml de amostra. As mesmas foram levadas ao microdestilador, onde foram acrescidos 0,2 g de óxido de magnésio em pó (MgO). No microdestilador, o destilado foi recolhido em Erlenmeyer

com solução de ácido bórico contendo como indicadores vermelho de metila e verde de bromocresol. A titulação foi realizada com solução padronizada de ácido sulfúrico ($0,005 \text{ mol l}^{-1}$). Um controle foi realizado para cada amostra, nestes a uréia foi adicionada somente após a solução de $\text{KCl} - \text{Ag}_2\text{SO}_4$. O cálculo da atividade da urease foi realizado conforme a seguinte equação (ALEF & NANNIPIERI, 1995):

$$\text{Urease} = A - Ac$$

Na qual:

- Urease: Atividade da enzima no solo em $\text{g NH}_4\text{-N g solo seco}^{-1} \text{ h}^{-1}$;
- A: Valor gasto da solução tituladora na amostra;
- AC: Valor gasto da solução tituladora no branco.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos foram comparados entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. As comparações de médias foram realizadas pelo pacote estatístico SISVAR (UFLA).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTIMATIVA DA DENSIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO

A estimativa da densidade de microrganismos em cada área de cultivo foi baseada nos indicadores microbiológicos carbono da biomassa microbiana (C-BMS), nitrogênio da biomassa microbiana (N-BMS), carbono total (C-TOTAL) e nitrogênio total (N-TOTAL). Através da aplicação do teste F, seguido pela comparação de médias pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade, foi observada diferença significativa para as variáveis analisadas, conforme observado na tabela 3.

Tabela 3 - Teores de carbono na biomassa microbiana (C-BMS), nitrogênio na biomassa microbiana (N- BMS), carbono total do solo (C-TOTAL) e nitrogênio total do solo (N-TOTAL) em diferentes cultivos

CULTIVO	C-BMS ⁻¹ µg C g solo	N-BMS ⁻¹ µg N g solo	C-TOTAL ⁻¹ g kg solo	N-TOTAL ⁻¹ g kg solo
PA	610 a	15,9 a	20,4 c	9,4 a
PD	482 b	5,4 d	28,8 b	9,1 a
CE	454 b	16,2 a	36,5 a	7,5 b
FLO	252 c	8,7 b	23,5 c	7,6 b
CA	248 c	6,7 c	33,1 a	10,2 a
ILP	226 c	6,7 c	35,0 a	9,7 a
CV (%)	14,32	7,92	10,87	14,98

*Siglas: Pastagem (PA); Plantio direto (PD); Cerrado (CE); Floresta de eucalipto (FLO); Café (CA);

Integração lavoura-pecuária (ILP) ** Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, na coluna, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Assim nota-se que para o carbono presente na biomassa microbiana, as áreas de pastagem não manejada (sistema extensivo com baixa lotação animal) e plantio direto (sucessão soja/sorgo), foram respectivamente superior e igual a área adotada como controle (floresta de Cerrado nativo). Os valores de C-BMS encontrados para a área sob pastagem podem ser explicados pelo efeito rizosférico, que é exercido com mais intensidade neste sistema (CARVALHO et al., 2010). A pastagem de braquiária está situada a mais de 15 anos no local e apresenta grande grau de desenvolvimento e exploração radicular (específico desta espécie vegetal). O solo, na faixa analisadas (0 a 20 cm), estava totalmente recoberto por raízes. Ao redor dessas forma-se a zona de influência radicular, onde ocorre uma maior exudação de compostos como aminoácidos, enzimas, proteínas, açúcares, carboidratos complexos, álcoois, vitaminas e hormônios (KLUEPFEL, 1993; CORDEIRO et al., 2012). Estes compostos expelidos pelas raízes são prontamente utilizados pelos microrganismos como substrato, o que resulta no aumento do número de organismos e de sua diversidade nesta zona (DAANE et al., 2001). Este efeito é menos pronunciado nas demais áreas em estudo uma vez que a relação superfície do solo por volume radicular é muito maior. Os valores de C-BMS encontrados para o plantio direto (soja/sorgo) são corroborados por o Scopel et al. (2005), Bustamante et al. (2006), Batlle-bayer et al. (2010) e Costa Junior et al. (2013). Segundo estes autores, o cultivo sob plantio direto tem a capacidade de recuperar os estoques de carbono de um solo, podendo atingir valores de biomassa superiores ao encontrado em áreas nativas. Esse aumento da biomassa é atribuído à maior agregação do solo, re-estabilização do ciclo do C e de nutrientes lábeis na biomassa, estabilização da temperatura e da umidade do solo e reestruturação das simbioses, conforme observado por Balota (1998), Figueiredo (2007) e Silva et

al. (2010). Nas áreas de eucalipto, café e integração (soja/braquiária), a biomassa mostrou-se significativamente inferior ao controle, indicando que estes cultivos afetaram negativamente o número de microrganismos, havendo perda quantitativa destes em relação a área nativa.

Para nitrogênio da biomassa microbiana, somente a área sob pastagem demonstrou dados significativamente semelhantes a aqueles apresentados pelo controle. As demais áreas PD, CA, ILP e FLO apresentaram valores reduzidos de N na biomassa. A adição de fontes nitrogenadas afeta, conforme observado por Graham et al. (2002), de forma negativa, a biomassa de um solo. Também corroborado por Cerny et al. (2003), a adição de nitrogênio resulta na diminuição do N presente na biomassa microbiana. De forma específica, Nogueira et al. (2006) demonstram que áreas sob adubação nitrogenada apresentam menor número de organismos envolvidos no ciclo do N, principalmente aqueles responsáveis pelos processos de nitrificação e amonificação.

Uma vez que o carbono orgânico total do solo é definido pela soma dos carbonos orgânico (COT) e inorgânico (CIT) totais (SRINIVASARAO et al., 2014), a padronização da entrada de C inorgânico nos sistemas pôde revelar o comportamento do C orgânico total (COT) em cada área de estudo. Esta padronização é possível pois, segundo Batjes (1996), solos ácidos ou intemperizados não contêm apreciáveis quantidades de carbono inorgânico, uma vez que nestes os carbonatos, foram perdidos.

Segundo Burle et al. (1997), Amado et al. (2000), Bayer et al. (2000), Silva et al. (2004) e Frazão et al. (2010) solos nativos (não cultivados), quando submetidos a sistemas de preparo convencional com lavração e gradagem, apresentam um decréscimo expressivo dos estoques de matéria orgânica, de 50% a 90%, comparativamente. Como demonstrado a perda de COT está diretamente relacionada a intensidade de revolvimento do solo, erosão hídrica e a outros fatores que afetam a atividade microbiana e exposição da matéria orgânica. Contudo, observou-se que alguns dos sistemas de cultivo em estudo conseguiram reduzir ou igualar seus teores de COT com a área nativa. O sistema de PD reduziu a perda de COT para 21%, enquanto as áreas de CA e ILP se igualaram, significativamente ao padrão, com 9% e 4% de perda, respectivamente. Provavelmente nestes três sistemas, à ausência de operações de preparo do solo resultou em menores taxas de decomposição, que por sua vez favoreceram a manutenção e o acúmulo de MOS (BAYER & MIELNICZUK, 1999; RESCK et al., 2000; ROSCOE & BUURMANB, 2003; GREEN et al., 2007), garantindo o fluxo contínuo de substratos e de energia através do solo (ROSCOE, 2005), que conduz a um aumento dos estoques de carbono. Os valores significativamente menores que a testemunha, apresentados pelas áreas sob floresta cultivada e pastagem, podem ser explicados conforme observado por Costa et al. (2005), Gama-rodrigues &

Barros (2002) e Silva et al. (2013). Segundo estes, a baixa taxa de decomposição é decorrente da eficiente retranslocação de nutrientes nestas culturas, o que leva a produção de serapilheira de baixa qualidade nutricional, especialmente em nitrogênio e fósforo.

O nitrogênio total (N-TOTAL) foi estatisticamente superior, em comparação a testemunha, para todas as áreas estudadas exceto a de floresta de eucalipto que demonstrou valores iguais ao Cerrado nativo. Conforme observado por Dalal et al., (2011), em sistemas cultivados o estoque de N total é significativamente afetado pelo manejo e fertilização, nos quais o N total aumenta concomitantemente com a aplicação de fertilizantes nitrogenados, principalmente nas camadas superiores do solo. Os valores encontrados para a floresta cultivada podem ser explicados pelo menor fornecimento de fontes nitrogenadas à esta cultura, conforme observado por Carvalho Neto et al. (2012), em comparação com as demais áreas.

4.2 ESTIMATIVA DO POTENCIAL METABÓLICO MICROBIANO

A estimativa do potencial metabólico dos microrganismos edáficos foi realizada a partir dos indicadores biológicos respiração, quociente metabólico, capacidade degradativa e da atividade enzimática do solo. Uma vez quantificados, esses parâmetros foram submetidos a aplicação do teste F, seguido pela comparação de médias por Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foi observada diferença significativa para todas estas variáveis testadas, conforme observado na tabela 4.

Tabela 4 – Taxa respiratória microbiana (RESP), quociente metabólico (qCO₂), quociente microbiano (qMIC) e atividade da urease no solo sob nos diferentes cultivos

CULTIVO	RESP μg CO ₂ g solo h ⁻¹	qCO ₂ μg C-CO ₂ g h ⁻¹	qMIC %	Urease mg N-NH ₄ dm h ^{-3 -1}
PA	3,3 b	5,4 b	1,8 a	11,8 b
PD	3,5 b	6,2 b	1,4 b	6,7 c
CE	2,4 c	4,6 b	1,4 b	19,5 a
FLO	1,1 d	4,5 b	1,1 c	11,4 b
CA	1,4 d	6,5 b	1,3 b	5,3 c
ILP	4,7 a	15,0 a	0,8 d	12,2 b
CV (%)	23,59	25,14	21,20	17,68

*Siglas: Pastagem (PA); Plantio direto (PD); Cerrado (CE); Floresta de eucalipto (FLO); Café (CA);

Integração lavoura-pecuária (ILP) ** Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, na coluna, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Observa-se que a respiração foi significativamente superior ao controle nas áreas de integração lavoura-pecuária, pastagem e plantio direto, enquanto as culturas café e floresta de eucalipto

apresentaram as menores taxas respiratórias, assim como encontrado por Vargas & Scholles (2000) e Martins et al. (2012). Estes autores observaram que a respiração microbiana é elevada em ambientes cultivados e/ou sob algum tipo de estresse. Os valores significativamente superiores a testemunha encontrados na área de PD, podem ser relacionados a elevada biomassa associada a este cultivo, conforme observado por Varela et al. (2014). Para a área de pastagem, os valores seguem conforme o apresentado por Cordeiro et al. (2012), uma vez que foram estimados sob maior efeito rizosférico que as demais áreas. Em contrapartida, o mesmo não ocorre para a área sob integração lavoura-pecuária, uma vez que nesta existe uma baixa biomassa microbiana associada a altas taxas respiratórias. Altos valores de respiração apontam que esta área está sob estresse. Segundo os dados apresentados por Neill et al. (1996) a conversão de áreas nativas em sistemas para pastejo eleva as taxas respiratórias tanto pela maior entrada de resíduos animais e vegetais bem como pela aceleração dos processos de decomposição. Contudo, segundo Lemaire et al. (2014) e Salton et al. (2014) áreas cultivadas por longos períodos sob pastagem tendem a reduzir a decomposição materiais orgânicos estabilizando, assim, as taxas respiratórias.

As áreas avaliadas apresentaram quocientes metabólicos (qCO_2) significativamente iguais aos da área de referência, Cerrado nativo, exceto à sob integração lavoura-pecuária. Este fato demonstra uma menor eficiência da biomassa microbiana, presente na área sob integração, para utilização de carbono e energia (TÓTOLA & CHAER, 2002). O alto valor de qCO_2 associado a baixa concentração de microrganismos nesta área, reflete uma situação de estresse no solo. Este dado difere do encontrado por Salvo et al., 2010 e Salton et al., 2014 que apontam este sistema como grande incorporador de carbono ao sistema edáfico.

O quociente microbiano ($qMIC$) refletiu a diferença significativa superior para a área de pastagem, igualitário das áreas sob plantio direto e café e inferior para as áreas sob floresta de eucalipto e integração com a área controle. A maior diferença encontrada entre a área sob integração e a sob cerrado, tanto para qCO_2 quanto para $qMIC$, demonstra a vulnerabilidade deste solo à perturbação em termos de resiliência, uma vez que, em solos resilientes, os distúrbios antrópicos causam pouco efeito sobre estes fatores, assim como observado por Kaschuk et al., 2009.

Através da quantificação da atividade da urease observa-se que todas as áreas cultivadas apresentaram valores significativamente inferiores a aqueles demonstrados para a áreas sob cerrado nativo. Uma vez que a atividade desta enzima pode fornecer indicações sobre alterações na ciclagem do nitrogênio, os resultados encontrados evidenciam os efeitos negativos promovidos pelo manejo

inadequado do solo nas áreas antropizadas assim como evidenciado por Roscoe et al. (2000) e Assis et al. (2005).

Para o teste de capacidade degradativa da microbiota presente em cada área de estudo partiu-se do princípio proposto por Hattori et al., (1997), Ogram (2000) e Kent & Triplett (2002), de que quanto mais substratos carbônicos (simples e complexos) o solo for capaz de degradar maior será a diversidade da microbiota que o constitui. Aos dados foram aplicados os testes F e Scott-Knott ao nível de 5%, conforme apresentado no gráfico 1.

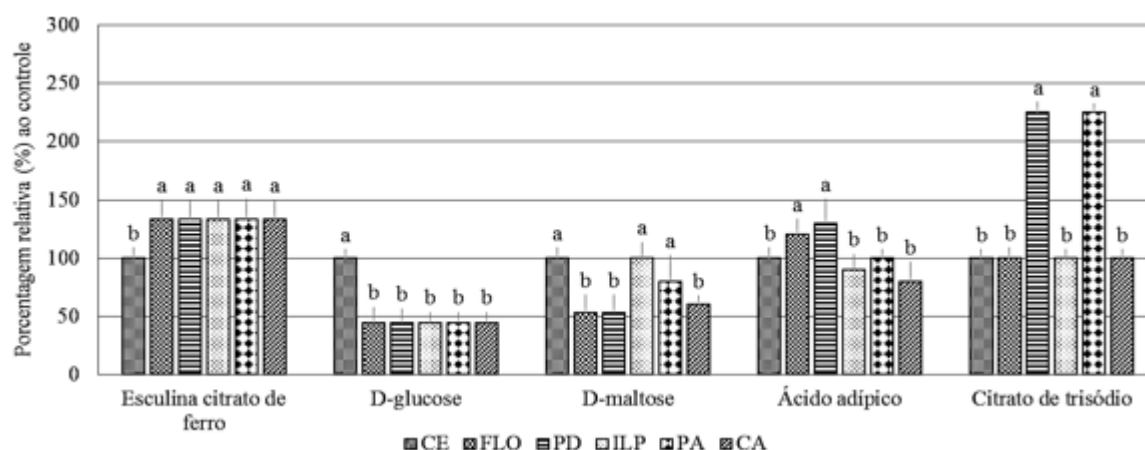


Gráfico 1 - Capacidade de utilização de substratos esculina citrato de ferro, D-glucose, D-maltose, ácido adipato e citrato de trisódio pela microfauna do solo sob diferentes cultivos

*Siglas: Pastagem (PA); Plantio direto (PD); Cerrado (CE); Floresta de eucalipto (FLO); Café (CA); Integração lavoura-pecuária (ILP) ** Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, na coluna, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Observou-se que a área sobre plantio direto apresenta uma capacidade de utilização de substratos diferente da sob Cerrado para todas as fontes estatisticamente significativas. Os substratos esculina citrato de ferro e D-glucose permitiram uma diferenciação clara entre as áreas cultivadas daquela usada como controle. Pela utilização do solo para cultivo observa-se um aumento significativo da capacidade assimilativa de esculina, contudo, há uma perda significativa na capacidade em utilizar glicose (D-glucose) como substrato. Mganga & Kuzyakov (2014) concluem que os microrganismos de Cerrado são mais eficientes na utilização de substratos orgânicos, como a glicose, o que favorece o acúmulo de carbono estável no solo. Segundo os autores a ciclagem do carbono marcado (^{14}C) em moléculas de glicose, demonstram que estas são rapidamente transformados desta fonte há moléculas de CO_2 e liberadas para a atmosfera. Ainda segundo os autores a glicose é menos

prontamente utilizada pela população microbiana que outros compostos carbônicos, o que corrobora os dados deste trabalho. Ainda se observou que as áreas sob ILP e CA apresentaram igualdade significativa na capacidade degradativa para os substratos maltose, ácido adípico e citrato de trisódio, indicando atividade semelhante destas com aquela encontrada para o controle.

Uma vez que a combinação de diferentes organismos é necessária para assegurar a degradação de substâncias complexas (PRIMAVESI, 2002), áreas que apresentaram maior atividade enzimática exprimem uma microbiota mais diversa e ativa, conforme observado no gráfico 2.

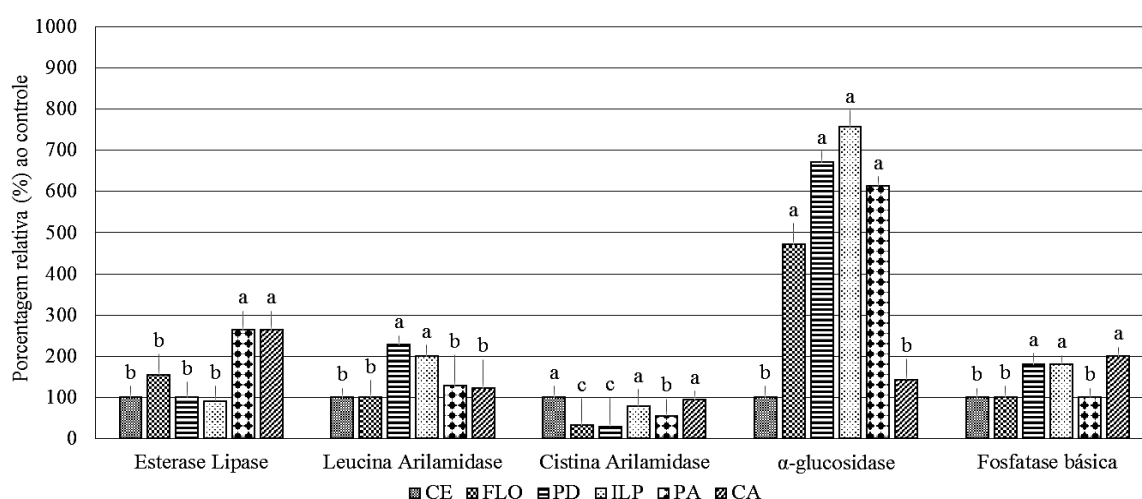


Gráfico 2 – Atividade relativa das enzimas esterase lipase, leucina arilamidase, cistina arilamidase, α-glucosidase e fosfatase básica atuantes no solo sob diferentes cultivos.

* Siglas: Pastagem (PA); Plantio direto (PD); Cerrado (CE); Floresta de eucalipto (FLO); Café (CA); Integração lavoura-pecuária (ILP) ** Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, na coluna, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A atividade da enzima glucosidase demonstra igualdade significativa do controle somente com a área sob café, apresentando o mesmo comportamento para as enzimas cistina e leucina arilamidase. A área sob integração apresentou igualdade com o controle para as enzimas esterase lipase, cistina arilamidase e fosfatase básica enquanto para a área sob floresta as enzimas semelhantes ao controle foram esterase lipase, leucina arilamidase e fosfatase básica. As áreas sob PD e PA apresentaram significância somente para as enzimas esterase lipase e leucina arilamidase, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

A transformação de áreas sob cerrado nativo para qualquer forma de cultivo altera tanto a concentração quanto o potencial metabólico das bactérias e fungos edáficos.

A associação dos indicadores quantitativos e de potencial metabólico são importantes para definir o comportamento das comunidades microbianas entre áreas nativas de cerrado e cultivadas. Os parâmetros qualitativos demonstraram que as áreas cultivadas podem reestabelecer, ao menos em parte, o ciclo do carbono, contudo, os microrganismos que participam dos processos envolvendo o ciclo do nitrogênio são extremamente reduzidos. O potencial metabólico demonstrou que a atividade microbiana, em cultivos anuais e sob pastagem, é elevada, contudo, a área sob integração apresentou baixa capacidade de incorporação do carbono respirado em sua biomassa. Ainda a capacidade assimilativa e enzimática de áreas sob cultivo demonstra uma menor resiliência destes sistemas em comparação com a área nativa a estresses.

A associação dos indicadores utilizados de forma a definir a qualidade do solo demonstrou que a área sob plantio direto eleva a concentração de microrganismos específicos que são requeridos aos seus processos, aumentando a susceptibilidade deste sistema a alterações climáticas, edáficas e de manejo. Aquela cultivada com pastagem mostrou-se intermediária aos parâmetros testados, contudo este resultado só foi observado graças ao efeito rizosférico obtido ao longo de vários anos de cultivo. As áreas sob menor manejo café e floresta de eucalipto foram capazes de restituir a estrutura da comunidade microbiana, contudo apresentaram concentrações extremamente baixas dos organismos responsáveis por seus processos. A área sob integração mostrou-se, do ponto de vista microbiológico, como sendo de baixa qualidade, uma vez que demanda muita energia para manter uma baixa biomassa microbiana.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, 576p, (1995).
- ALVAREZ, R.; DIAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. *Soil and Tillage Research*, v. 33, p. 17-28, (1995).
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de plantas de cobertura em plantio direto em acumular carbono orgânico e nitrogênio total num Argissolo franco-arenoso. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, (2000).
- ANDRÉA, M. M.; HOLLWEG, M. J. Comparação de métodos para determinação de biomassa microbiana em dois solos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 28:981-986, (2004).
- ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos. *Bioscience Journal*, 23:66- 75, (2007).
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. 2007. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 31, 1099-1108, (2007).
- ASSIS, P.C.R.; CARNEIRO, M. A. C.; PEREIRA, H. S. Atividade da urease e fosfatase ácida em solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX 2, Goiânia. Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Científica [CD-ROM], Goiânia: UFG, (2005).
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 22:641-649, (1998).
- BARCELLOS, A. O., Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: Pereira, R.C., Nasser, L.C.B. (Eds.), *Simpósio sobre Cerrado* (August 1996, Brasília). Anais Planaltina, EMBRAPA-CPAC, pp.130–136, (1996).
- BARON, M. H.; REVAULT, M.; SERVAGENT-NOINVILLE, S.; ABADIE, J.; QUIQUAMPOIX, H. Chymotrypsin Adsorption on Montmorillonite: Enzymatic Activity and Kinetic FTIR Structural Analysis. *Journal of Colloid and Interface Science*, 214, 319– 332, (1999).
- BATJES, N. H.; Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47, 151–163, (1996).
- BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N. H.; BINDRABAN, P. S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 137, 47–58, (2010).
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica em ecossistemas tropicais e subtropicais. *Gênesis*, Porto alegre, pp. 1–26, (1999).

- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; CERETTA, C. A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil & Tillage Research*, 53, 95-104, (2000).
- BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v.14 p. 319-329, (1982).
- BURLE, M. L.; MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. *Plant Soil*, 190:309-316, (1997).
- BUSTAMANTE, M. M. C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; ROSCOE, R. Soil carbon storage and sequestration potential in the Cerrado region of Brazil. *The Harworth Press*, Binghamton, NY, USA, pp. 285-304, (2006).
- BUYANOVSKY, G. A.; WAGNER, G. H.; GANTZER, C. J. Soil respiration in a winter wheat ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50: 338-344, (1986).
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. *Boletim Técnico*, 106. Campinas: Instituto Agronômico, 94 p., (1986).
- CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; WRUCK, F. J.; CERRI, C. C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. *Soil and Tillage Research*, Volume 110, Issue 1, Pages 175-186, (2010).
- CARVALHO NETO, J. P.; SILVA, E. B.; SANTANA, R. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; FERNANDES, J. S. C.; FREITAS, J. P. X.; SOUZA, C. V. partição de biomassa seca e nutriente em minicepas de eucalipto influenciada pela adubação NPK. *Ciência Florestal*, 22(3), (2012).
- CERNY, J.; BALK, J.; PAVLKOV, D.; ZITKOV, M.; SYKORA, K. The influence of organic and mineral nitrogen fertilizers on microbial biomass nitrogen and extractable organic nitrogen in longterm experiments with maize. *Plant, Soil and Environment*, v.49, p.560-564, (2003).
- CLAASSENS, S.; JANSEN VAN RENSBURG, P.J.; MABOETA, M.S.; VAN RENSBURG, L. Soil microbial community function and structure in a post-mining chronosequence. *Water, Air, and Soil Pollution*, 194:315-329, (2008).
- CORDEIRO, M. A. S.; CORA, J. E.; NAHAS, E. Atributos bioquímicos e químicos do solo rizosférico e não rizosférico de culturas em rotação no sistema de semeadura direta. *Revista brasileira de ciências do solo*. Viçosa, v. 36, n. 6, Dec. (2012).
- COSTA JUNIOR, C.; CORBEELS, M.; BERNOUX, M.; PICCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C.; SCOPEL, E.; LALF, R. Assessing soil carbon storage rates under no-tillage: Comparing the synchronic and diachronic approaches. *Soil & Tillage Research*, 134, 207-212, (2013).
- COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 4, Aug., (2005).

DALAL, R. C.; ALLEN, D. E.; WANG, W. J.; REEVES, S.; GIBSON, I. Organic carbon and total nitrogen stocks in a Vertisol following 40 years of no-tillage, crop residue retention and nitrogen fertilisation. *Soil & Tillage Research*, 112, 133–139, (2011).

DAANE, L. L.; HARJONO I.; ZYLSTRA G. J.; HÄGGBLÖM M. M. Isolation and characterization of polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading bacteria associated with the rhizosphere of salt marsh plants. *Appl Environ Microbiol*, 67, 2683–2691, (2001).

DICK W.A.; CHENG, L.; WANG, P. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators. *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 1915–1919, (2000).

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. B.; RAMOS, M. L. G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em um Latossolo vermelho no cerrado. *Revista brasileira de ciências do solo*, 31:551-562, (2007).

FOJAN, P.; JONSON, P. H.; PETERSEN, Maria T.N.; PETERSEN, S. B. What distinguishes an esterase from a lipase: A novel structural approach. *Biochimie*, 82, 1033- 1041, (2000).

FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J. CERRI, C. C. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 135, 161–167, (2010).

FUKUSHIMA, T; MATSUSHIGE, K.; TAKAMURA, N.; FUKUSHIMA, M. Metabolic quotient measured by free-water method in six enclosures with different silver carp densities. *Hydrobiologia*, National Institute for Environmental Studies, (2003).

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Árvore*, v.26, n.2, p.193-207, (2002).

GARLAND, J. L. Potential and limitations of BIOLOG for microbial community analysis. *Microbial Biosystems: New Frontiers Proceedings of the 8th International Symposium on Microbial Ecology*, Bell CR, Brylinsky M, Johnson-Green P (ed) Atlantic Canada Society for Microbial Ecology, Halifax, Canada, (1999).

GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J.; MEYER, J. H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biology and Biochemistry*, v.34, p.93-102, (2002).

GREEN, V. S.; STOTT, D. E.; CRUZ, J. C.; CURI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a brazilian cerrado oxisol. *Soil Tillage Reserch*, 92, 114–121, (2007).

HAIDER, K.; SCHÄFFER, A. *Soil Biochemistry*. Science Publishers, Enfield. Reed, S.C., Cleveland, C.C., Townsend, A.R., 2011. Functional ecology of free-living nitrogen fixation: a contemporary perspective. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 489- 512, (2009).

HANEY, R. L.; FRANZLUEBBERS, A. J. Soil CO₂ evolution: Response from arginine additions. *Applied Soil Ecology*, 42, 324–327, (2009).

HATTORI, T.; MITSUI, H.; HAGA, H.; WAKAO, N.; SHIKANO, S.; GORLACH, K.; KASAHARA, Y.; EL-BELTAGY, A.; HATTORI, R. Advances in soil microbial ecology and biodiversity. *Antonie Van Leeuwenhoek*, Wageningen, v. 71, p. 21–28, (1997).

HE, J.; ZHENG, Y.; CHEN, C.; HE, Y.; ZHANG, L. Microbial composition and diversity of an upland red soil under long-term fertilization treatments as revealed by culture- dependent and culture-indepenent approaches. *Journal of Soils and Sediments*, 09, (2008).

JOHNSON, D.L. A universal definition of soil. *Quaternary International*, 51–52, 6–7, (1998).

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 42, n. 1, p. 1-13, (2009).

KENT, A. D.; TRIPLETT, E. W. Microbial communities and their interactions in soil and rhizosphere ecosystems. *Annual Review of Microbiology*, Palo Alto, v. 56, p. 211–236, (2002).

KLUEPFEL, D. A. The behavior and tracking of bacteria in the rhizosphere. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 31:441-472, (1993).

KUZYAKOV, Y.; XU, X. Competition between roots and microorganisms for N: mechanisms and ecological relevance. *New. Phytol.*, 198, 656-669, (2013).

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190, 4–8, (2014).

LIU, Y.; YANG, H.; LI, X. Effects of biological soil crusts on soil enzyme activities in revegetated areas of the Tengger Desert, China. *Applied Soil Ecology*, 80, 6–14, (2014).

MARTINS, G. S. L.; ABREU, V. P.; CAMPOS, A. N. R. Respiração basal e induzida por compostos orgânicos de carbono em solos de diferentes agroecossistemas da Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Vértices*, Campos dos Goytacazes/ RJ, v.14, n. Especial 2, p. 189- 201, (2012).

MARTÍNEZ-IÑIGO, M.J.; PÉREZ-SANZ, A.; ORTIZ, I.; ALONSO, J.; ALARCÓN, R.; GARCÍA, P.; LOBO, M.C. Bulk soil and rhizosphere bacterial community PCR–DGGE profiles and b-galactosidase activity as indicators of biological quality in soils contaminated by heavy metals and cultivated with *Silene vulgaris* (Moench) Garcke. *Chemosphere*, 75, 1376–1381, (2009).

MGANGA, K.Z.; KUZYAKOV, Y. Glucose decomposition and its incorporation into soil microbial biomass depending on land use in Mt. Kilimanjaro ecosystems. *European Journal of Soil Biology*, 62, 74-82, (2014).

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. 2.ed. atual e ampl. Lavras: UFLA, 729 p., (2006).

MÜLLER, T.; MÜLLER, M.; BEHRENDT, U. Leucine arylamidase activity in the phyllosphere and the litter layer of a Scots pine forest. *Microbiology Ecology*, 47, 153– 159, (2004).

- NEILL, C.; FRY, B.; MELOLO, J. M.; STEUDLER, P. A.; MORAES, J. F. L.; CERRI, C. C. Forest and pasture derived carbon contributions to carbon stocks and microbial respiration of tropical pasture soils. *Oecologia*, 107, 113-119, (1996).
- NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos: EMBRAPA, 334 p, (2005).
- NOGUEIRA, M. A.; et al. Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 115, 237–247, (2006).
- OGRAM, A. Soil molecular microbial ecology at age 20: methodological challenges for the future. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 32, p. 1499-1504, (2000).
- PARHAM, J. A.; DENG, S. P. Detection, quantification and characterization of bglucosaminidase activity in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 32, 1183-1190, (2000).
- PEREIRA, F. A. R.; VELINI, E. D. Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. *Planta Daninha, Viçosa*, v.21, n.3, p.355-363, (2003).
- PRESTON-MAFHAM, J.; BODDY, L.; RANDERSON P. F. Analysis of microbial community functional diversity using sole-carbon-source utilisation profiles – a critique. *FEMS Microbiology Ecology*, 42, 1-14, (2002).
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 549 p, (2002).
- QIN, S.; HU, C.; DONG, W. Nitrification results in underestimation of soil urease activity as determined by ammonium production rate. *Pedobiologia*, 53, 401–404, (2010).
- QUILCHANO, C.; MARANÓN, T. Dehydrogenase activity in Mediterranean forest soils. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 35, n. 2, p. 102-107, (2002).
- ROBERTS, P.; JONES, m D. L. Microbial and plant uptake of free amino sugars in grassland soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 49, 139-149, (2012).
- ROSCOE, R. Dinâmica da matéria orgânica em solos de cerrado. IN: Congresso brasileiro de ciência do solo, 30. Recife SBCS. CD-ROM, Brasil, (2005).
- ROSCOE, R.; BUURMANB, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. *Soil & Tillage Research*, 70, 107–119, (2003).
- ROSCOE, R.; VASCONCELLOS, C. A.; NETO, A. E. F.; GUEDES, G. A. A.; FERNANDES, L. A. Urease activity and its relation to soil organic matter, microbial biomass nitrogen and urea–nitrogen assimilation by maize in a Brazilian Oxisol under no- tillage and tillage systems. *Biol. Fertil. Soils*, 32, 52–59, (2000).
- SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; JOSILEI, M. T.; ZANATT, A.; CONCENC, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190, 70–79, (2014).

- SALVO, L.; HERNA´NDEZ, J.; ERNST, O. Distribution of soil organic carbon indifferent size fractions, under pasture and crop rotations with conventional tillage and no-till systems. *Soil and Tillage Research*, 109, 116–122, (2010).
- SARDANS, J.; PEÑUELAS, J.; OGAYA, R. Experimental drought reduced acid and alkaline phosphatase activity and increased organic extractable P in soil in a *Quercus ilex* Mediterranean forest. *European journal of soil biology*, 44, 509–520, (2008).
- SCOPEL, E.; FINDELING, A.; CHAVES GUERRA, E.; CORBEELS, M. Impact of direct sowing mulch-based cropping systems on soil carbon, soil erosion and maize yield. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 425–432, (2005).
- SILVA, A. B.; JUNIOR, L.; ANDRADE, M.; JUNIOR, D.; BATISTA, J. C.; BARRETO, M. V.; PEREIRA, V. R. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(2), 502-511, (2013).
- SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂). Comunicado técnico, EMBRAPA Seropédica, (2007).
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103, 357–363, (2004).
- SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG. *Revista brasileira de ciências do solo*, 34:1585-1592, (2010).
- SMALLA, K.; WACHTENDORF, U.; HEUER, H.; LIU, W.; FORNEY, L. Analysis of BIOLOG GN Substrate Utilization Patterns by Microbial Communities. *Appl Environ Microbiol.* Apr, 64(4): 1220–1225, (1998).
- SRINIVASARAO, C. H.; LAL, R.; KUNDU, S.; BABU, M. B. B. P.; VENKATESWARLU, B.; SINGH, A. K. Soil carbon sequestration in rainfed production systems in the semiarid tropics of India. *Science of the Total Environment*, 487, 587–603, (2014).
- STEFANOWICZ, A. The biolog plates technique as a tool in ecological studies of microbial communities. *Polish Journal of Environtal Study*, Vol. 15, No. 5, 669-676, (2006).
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ, V. V. H.; et al. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG. Editora: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 195-276, (2002).
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 19:703-707, (1987).
- VARELA, M. F.; SCIANCA, C. M.; TABOADA, M. A.; RUBIO, G. Cover crop effects on soybean residue decomposition and P release in no-tillage systems of Argentina. *Soil & Tillage Research*, 143, 59–66, (2014).

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 35-42, (2000).

VRANOVA, V.; Rejsek, K.; FORMANEK, P. Proteolytic activity in soil. A review *Applied Soil Ecology*, 70, 23– 32, (2013).

WAGNER, G. H., WOLF, D. C. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: SYLVIA, D. M. et al. (Eds.) *Principles and applications of soil microbiology*. Prentice Hall, Inc., p. 218-258, (1999).

YANG, Q.; LI, C.; LI, H.; LI, Y.; YU, N. Degradation of synthetic reactive azo dyes and treatment of textile wastewater by a fungi consortium reactor. *Biochemical Engineering Journal*, v. 43, n. 3, p. 225-230, (2008).

Capítulo 8



10.37423/220906612

HIDROCARVÃO DE VINHAÇA E TORTA DE FILTRO COMO CONDICIONADOR DE SOLO - HYDROCHAR FROM VINASSE AND FILTER CAKE AS SOIL CONDITIONER

Miron de Paiva Menezes

*Programa de Mestrado Profissional do
Instituto Federal de Goiás*

Joachim Werner Zang

Instituto Federal de Goiás

Warde Antonieta da Fonseca Zang

Instituto Federal de Goiás

Rosana Aparecida de Freitas

Instituto Federal de Goiás

Carolina Brom Aki de Oliveira

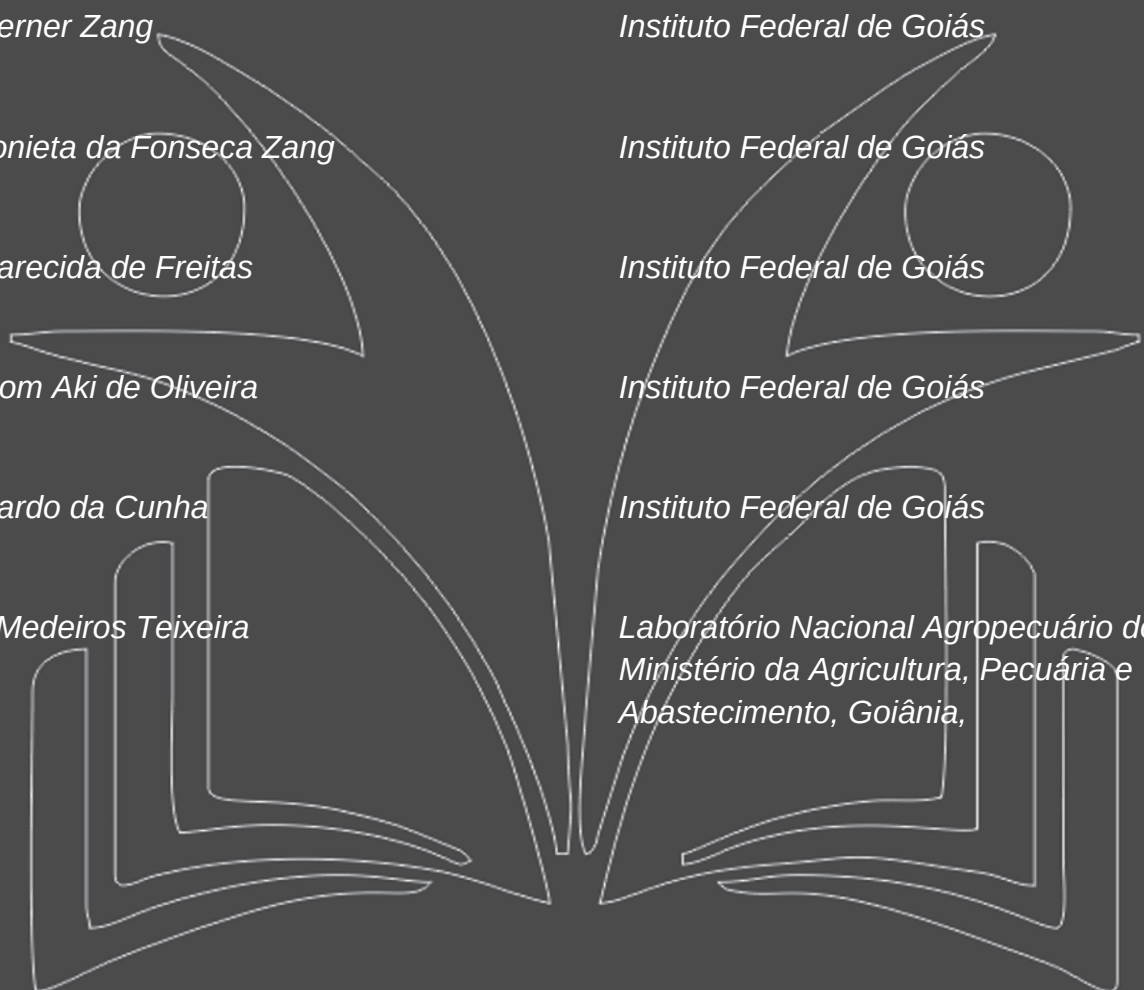
Instituto Federal de Goiás

Carlos Eduardo da Cunha

Instituto Federal de Goiás

Luiz Sávio Medeiros Teixeira

*Laboratório Nacional Agropecuário do
Ministério da Agricultura, Pecuária e
Abastecimento, Goiânia,*



Resumo: Nos últimos anos, carbonização hidrotermal (CHT) de biomassa tem sido investigada como fonte de produtos sólidos ricos em carbono e a sua aplicação na agricultura. A carbonização hidrotermal é um processo de conversão térmica de matérias-primas úmidas em material sólido denso rico em carbono, muitas vezes mencionado como hidrocarvão. Este estudo incidiu sobre a modificação físico-química de biomassa da indústria do etanol, vinhaça e torta de filtro, através da CHT em aplicações de diferentes temperaturas (160°C, 180°C e 200°C) e tempo (2h, 4h e 6h). O objetivo desta pesquisa foi avaliar o uso da tecnologia de carbonização hidrotermal (CHT) no aproveitamento dos resíduos da produção de etanol a fim de obter material rico em carbono que possua características físico-químicas de acordo com o estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento no que o órgão define como condicionador de solo. Os resultados apresentaram CTC (229,5 a 346,5 mmolc kg⁻¹), Carbono orgânico (34,4 a 46,0 dag kg⁻¹), Nitrogênio total (1,01 a 1,68 dag kg⁻¹), CTC/C (5,18 a 10,07 mmolc dag⁻¹), C/N (24,75 a 41,86), CRA (234,7 a 334,8% m/m) e pH (4,1 a 4,6) com valores variados e comparados com a biomassa bruta, torta de filtro. A CHT apresentou-se como uma tecnologia viável no aproveitamento de vinhaça e torta de filtro como condicionador de solos. Com exceção da relação C/N e pH todos os valores, incluindo a torta de filtro in natura, apresentaram valores melhores que a especificação exigida pelo MAPA. De maneira geral o hidrocarvão com melhores resultados obtido após a utilização da técnica de carbonização hidrotermal foi empregado no tempo de 2h e temperaturas de 160°C e 200°C.

INTRODUÇÃO

O principal desafio para a sustentabilidade agrícola é evitar a degradação do solo, um recurso vital, mas lentamente renovável. A agricultura brasileira, atualmente cobrindo cerca de um terço da área terrestre do país, ampliou-se substancialmente durante as últimas décadas e espera uma expansão ainda maior em resposta à crescente demanda por alimentos e matérias-primas para biocombustíveis. A expansão de décadas recentes resultou em um grande aumento na produção, mas também na perda substancial dos ecossistemas naturais e em impactos negativos para a biodiversidade, solo e recursos hídricos (SPAROVEC et al, 2010). No Brasil fatores econômicos e sociais se uniram para impulsionar a expansão agrícola em regiões intocadas (MARTINELLI et al, 2010). A conversão de regiões de cultivo e pastagem aumentou o risco de degradação do solo por meio da perda de carbono orgânico do solo, deterioração da estrutura do solo e aumento do risco de erosão com efeitos em cadeia para outros ecossistemas (SPAROVEC et al, 2007; EYKELBOSH et al, 2014).

Dentre as atividades agrícolas, o cultivo da cana-de-açúcar é considerado o que mais ameaça os recursos naturais do cerrado (DURIGAN et al, 2004; AZEVEDO, 2013). O Brasil é maior produtor (690 mil toneladas por ano – safra 2013/2014) do mundo em produção desta cultura (UNICA, 2014).

Tendo em conta que a agricultura é fundamental para o desenvolvimento econômico do Brasil, tecnologias e práticas agrícolas inovadoras são necessárias para evitar a degradação do solo. A incorporação de carbono no solo apresenta melhorias, em solos naturais têm sido associadas com o aumento da fertilidade, retenção de água e uma rápida incorporação ou estabilização de novas entradas de carbono (LEHMANN et al, 2011; VAN ZWIETEN et al., 2010).

O carbono no solo pode ser melhorado através da aplicação do hidrocarvão derivado da carbonização hidrotermal de biomassa de resíduos, principalmente da indústria de cana-de-açúcar. A indústria do etanol produz vários resíduos como o bagaço, torta de filtro e a vinhaça. A vinhaça é um subproduto originário do processo de fabricação do etanol a partir da destilação do caldo fermentado (NICOCELLI, 2011) e a torta de filtro, um lodo que é removido por filtração após a etapa de clarificação do caldo. A torta de filtro é um resíduo denso em nutrientes pesados que, por vezes, é lançada no solo como fertilizante, embora a alta disponibilidade biológica dos seus componentes provavelmente conduz a uma rápida mineralização e perdas potenciais por lixiviação comuns em solos tropicais (PRADO et. al, 2013). A gestão da torta de filtro é dificultada por seu alto teor de água, o que torna mais caro para transportar e difícil de aplicar, bem como a seu potencial contribuição para o escoamento de nutrientes e eutrofização, quando aplicado no solo (GEORGE et. al, 2010). A vinhaça é

considerada um resíduo nocivo, quando disposto no meio ambiente de forma indiscriminada. No Brasil, atualmente, toda vinhaça produzida é reutilizada na adubação dos canaviais, onde os nutrientes presentes neste resíduo de difícil gestão substituem, parcialmente, o uso de fertilizantes minerais, diminuindo, assim, os custos de aquisição de insumos agrícolas (RESENDE et al., 2006; ROLIM et al., 2013). Assim, a conversão destes resíduos em hidrocarvão pode ser uma oportunidade para transformar um incômodo em uma valiosa correção do solo.

Nos últimos anos, carbonização hidrotermal (CHT) de biomassa tem sido investigada como fonte de produtos sólidos ricos em carbono e a sua aplicação em agricultura. Carbonização hidrotermal é um processo de conversão térmica de matérias-primas úmidas em material sólido denso rico em carbono, muitas vezes mencionado como hidrocarvão. Os resultados a partir da carbonização de uma variedade de matérias-primas indicaram que uma grande fração de carbono, inicialmente, presente na matéria-prima permanece associado no hidrocarvão (BERGE et al., 2011; FUNKE E ZIEGLER, 2010; LI et al., 2013; LIBRA et al., 2011; LU et al., 2013; TITIRICI et al., 2007).

A descoberta de Solos de Terra Preta (TPI's) na bacia amazônica aumentou amplamente as pesquisas com biocarvão e hidrocarvão pelo seu potencial em alterar as propriedades do solo. Estes solos antrópicos são caracterizados por altos teores de nutrientes para as plantas e partículas de carvão e são altamente férteis devido à adsorção de nutrientes em superfícies de carvão que impede a lixiviação de nutrientes (GLASNER e BIRK, 2012).

A CHT é visto como uma tecnologia promissora de conversão de resíduos de biomassa úmida em um produto semelhante ao carvão que pode ser utilizado como um combustível renovável e principalmente como condicionador do solo. Por isso, pode ser vista como uma tecnologia potencial para tratar biomassas problemáticas como resíduos industriais, resíduos biológicos ou lodos (GLASNER, et al., 2011)

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o uso da tecnologia de carbonização hidrotermal (CHT) no aproveitamento dos resíduos da produção de etanol, vinhaça e torta de filtro, a fim de obter material rico em carbono que possua características físico-químicas de acordo com o estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento no que o órgão define como condicionador de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

MATÉRIAS – PRIMAS

Para o experimento foram utilizadas a torta de filtro e a vinhaça provenientes de uma usina de etanol próximo à cidade de Jandaia (17° 02' 56" S 50° 08' 45" O) no Estado de Goiás (DENUA Destilaria S/A). A torta de filtro sólida é um subproduto do processamento industrial da cana-de-açúcar proveniente da filtração do caldo extraído das moendas no filtro rotativo. A vinhaça é um subproduto líquido da destilação do etanol da cana-de-açúcar. As amostras foram coletadas na safra 2013 (nos meses de julho e de setembro) em quantidades e condições adequadas para a utilização dos experimentos. No momento da coleta foi verificada a temperatura da vinhaça ($T = 79\text{ }^{\circ}\text{C}$) e da torta de filtro ($T = 53\text{ }^{\circ}\text{C}$) as condições climáticas ($T = 32^{\circ}\text{C}$) e o pH 3,7 da vinhaça. As amostras de biomassa foram acondicionadas em temperatura ambiente sem aditivos para posteriormente serem utilizadas no reator de carbonização hidrotermal (CHT).

EXPERIMENTOS NO REATOR DE CHT

Os hidrocarvões foram obtidos a partir da mistura de 1,8 kg de torta de filtro úmida e 3,35 L de vinhaça. A mistura antes de ser colocada no reator foi mantida sob condições ácidas pH = 4,0 sem adição de catalisador ou correção de pH. A vinhaça substituiu a água no processo hidrotermal, o que torna um fator interessante em relação ao aproveitamento de resíduos e economia no uso de água. A escolha de utilizar aproximadamente de 5 litros da mistura de biomassas no reator com capacidade total de 8 litros está relacionada à expansão da mistura pelo aquecimento dentro do reator. Uma maior quantidade de vinhaça foi usada para as primeiras experiências. No entanto esta foi alterada devido ao baixo rendimento de hidrocarvão. A composição da fase sólida e líquida não foi alterada, porém a proporção da massa aumentou na mistura para obter maior quantidade de hidrocarvão. A tabela 1 demonstra os valores utilizados nos experimentos iniciais e no atual.

Tabela 1 – Composição das quantidades de biomassas utilizadas nos experimentos dentro do reator.

Experimentos	Biomassa	Quantidade total	Fase líquida (mL)	Fase sólida (g)
Primeiros experimentos no reator	Vinhaça	4.000 mL	3.920	80
	Torta de filtro	900 g	648	252
			4.568	332
Experimentos atual	Vinhaça	3.350 mL	3.283	67
	Torta de filtro	1.800 g	1.296	504
			4.579	571

Foram produzidos no total nove hidrocarvões nas temperaturas de 160°C, 180°C e 200°C nos tempos de reação de 2h, 4h e 6h.

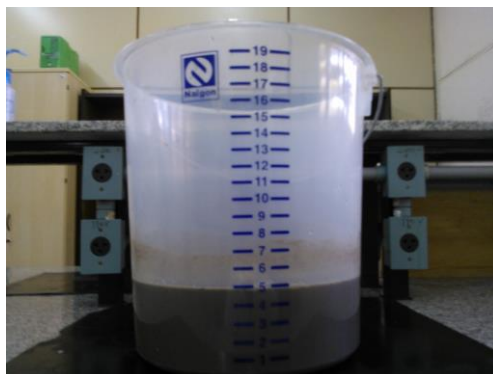


Figura 9: Mistura de vinhaça e torta de filtro para reação hidrotermal.

As experiências foram realizadas no reator adaptado de uma autoclave, marca MATEST® (figura 10). O reator adaptado possui uma caldeira de alta pressão em material de liga de aço, diâmetro interior 154x430mm e capacidade de 8 L. O sistema de aquecimento é realizado por meio de resistências elétricas e o painel de controle separado abriga um "termômetro digital" para visualizar a temperatura interna e manômetro analógico (escala de medida de pressão 0 - 600 psi) com máxima de 375 psi (pressão de ruptura).



Figura 10: Reator de carbonização hidrotermal situado no campus do IFG em Goiânia.

A operação de carbonização hidrotermal foi dividida em três fases: fase de aquecimento, fase de reação e fase de arrefecimento. O experimento iniciou com a fase de aquecimento ao ser adicionado o volume aproximado de 5 L no reator sendo aquecido até alcançar a temperatura desejada (160°C; 180°C e 200°C). Após alcançar a temperatura seguiu-se para a fase de reação iniciando a contagem do tempo determinado para o experimento (2h, 4h e 6h). Depois que a solução foi mantida na temperatura e tempo determinado o aquecedor foi desligado e a fase de arrefecimento foi iniciada durante um período mínimo de 24 h. Os parâmetros do processo: temperatura, pressão e tempo foram registrados. A experiência terminou quando a temperatura ambiente ($\sim 25^{\circ}\text{C}$) foi alcançada no interior do reator. O gás produzido durante o experimento foi liberado através da válvula de alívio e em seguida o reator foi aberto para retirada da mistura que consiste em uma fase líquida e uma sólida (hidrocarvão), figura 11.

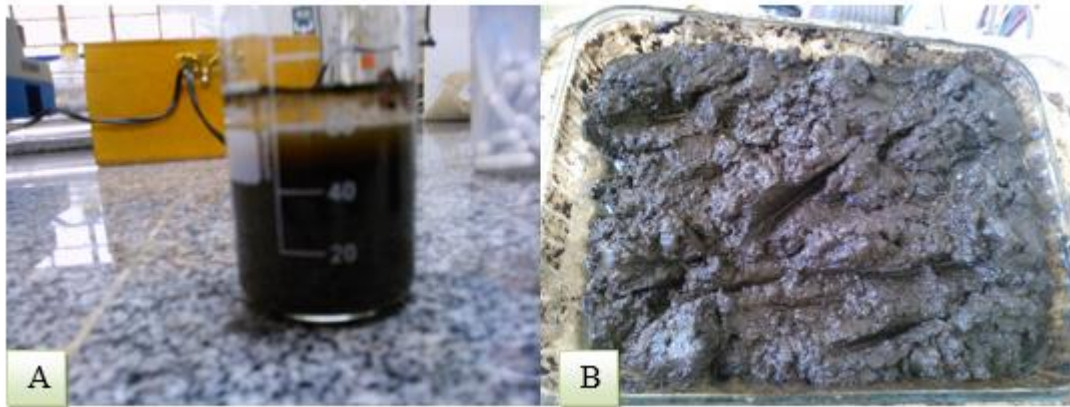


Figura 11: Fase líquida (A) e hidrocarvão (B) após carbonização hidrotermal da mistura vinhaça e torta de filtro.

Os produtos resultantes foram peneirados em malha de 0,6 mm (ABNT n° 30) para separar a fase líquida da fase sólida. Sendo a fase líquida filtrada a vácuo e armazenada em recipientes plásticos. A sólida foi submetida à secagem a 60 °C em estufa. A figura 12 mostra o carvão seco após as condições de 60 °C.



Figura 12: Hidrocarvão seco em estufa a 60°C.

A figura 13 mostra as estruturas microscópicas dos hidrocarvões produzidos sob condições distintas de tempo e temperaturas.

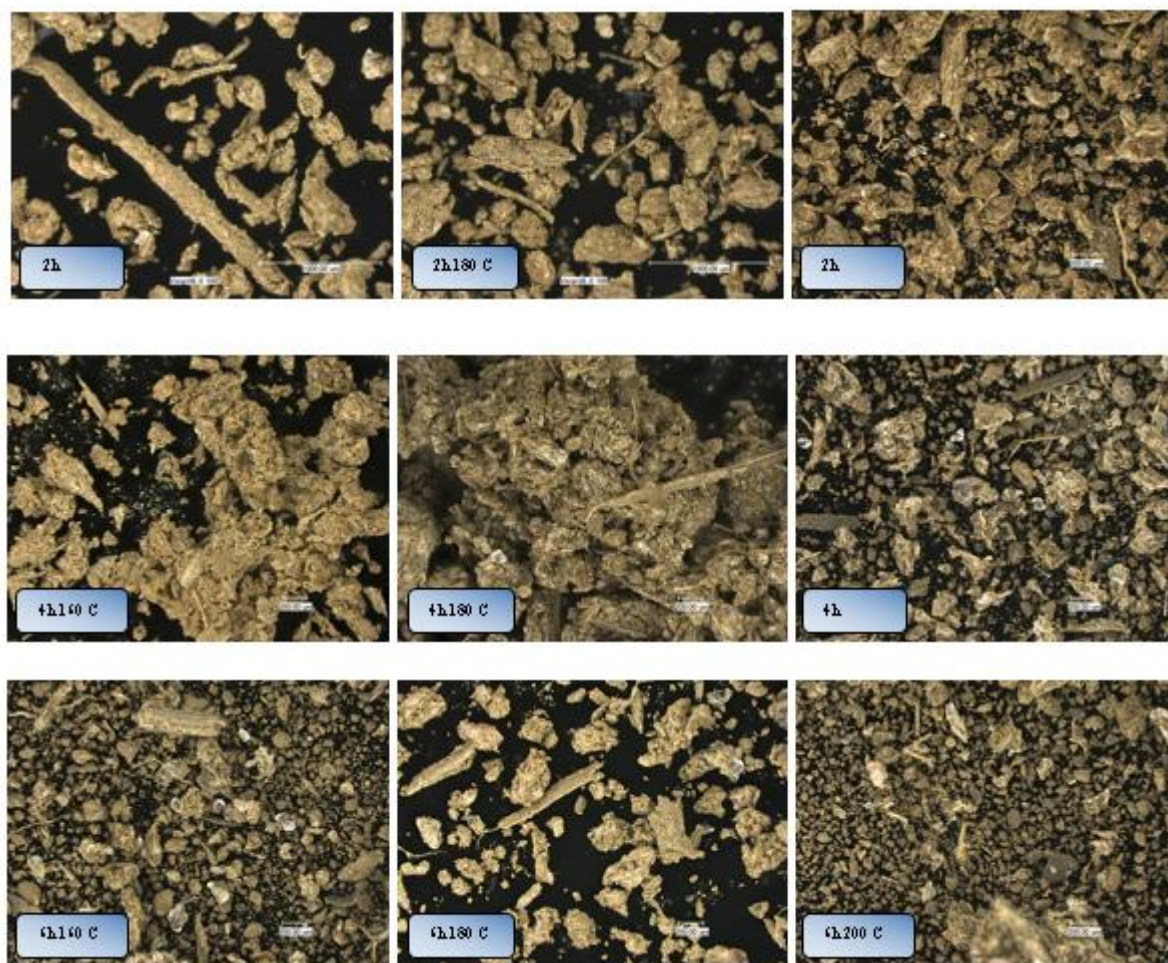


Figura 13: Estrutura dos hidrocarvões produzidos sob condições diferentes de tempo e temperaturas.

CARACTERIZAÇÃO DO HIDROCARVÃO

A torta de filtro e os materiais da CHT, hidrocarvões, foram analisados segundo metodologias descritas no Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organominerais e Corretivos referidas na instrução normativa IN SDA nº 28:2007 e IN SDA nº 17:2007 e 31:2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As análises físico-química compreendem a capacidade de troca catiônica (CTC), capacidade de retenção de água (CRA), carbono orgânico total (C), Nitrogênio (N), pH, relação CTC/C e razão C/N.

PREPARO E DETERMINAÇÃO

As amostras sólidas foram homogeneizadas, secadas em estufa a 65°C por 16 horas, moídas e passada em peneira com abertura de malha de 0,5 mm (ABNT nº35).

Para medição de pH da torta de filtro e do hidrocarvão preparou-se suspensão com solução 0,01 mol L⁻¹ de CaCl₂. O pH em cloreto de cálcio é mais preciso que as determinações em água. Posteriormente as suspensões foram agitadas durante 30 min e mensuradas. A determinação da CTC fundamentou-se na ocupação dos sítios de troca do material com íons hidrogênio, provenientes de uma solução diluída de ácido clorídrico, para saturação dos sítios de troca, adição de carvão ativado à amostra, no sentido de prevenir perdas de material orgânico passível de solubilização, eliminação do excesso de ácido, deslocamento dos íons hidrogênio adsorvidos com solução de acetato de cálcio e titulação do ácido acético formado com solução de hidróxido de sódio (NaOH). Para a caracterização de CRA, nitrogênio (N) e carbono orgânico (COT) as amostras foram enviadas ao Laboratório do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). A CRA foi avaliada pela máxima quantidade de água retida pelas amostras e caracterizada após a saturação e cessada a drenagem, quando submetida à tensão de 10,0 cm de água ou 1 kPa (103 Pa). A determinação da CRA₁₀ foi efetuada com o valor de umidade volumétrica obtida por meio do percentual de água retida à tensão de 10,0 cm de coluna de água. Para o carbono orgânico total (COT) o método utilizado baseia-se na oxidação, por via úmida, do carbono orgânico contido na amostra com dicromato de potássio em excesso e ácido sulfúrico concentrado, promovendo-se aquecimento externo. Segue-se a determinação do dicromato remanescente por titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal.

Para a quantificação do nitrogênio total utilizou-se o método Kjeldahl de oxidação úmida. Este método fundamenta-se na amonificação de todas as formas não amoniacais de nitrogênio seguindo-se a destilação alcalina da amônia, que é recebida numa quantidade em excesso de ácido bórico. A amônia fixada é titulada com ácido padronizado.

A relação C/N foi determinada pela divisão dos resultados em porcentagem mássica obtidos para o carbono orgânico e o nitrogênio. O cálculo para CTC/C foi determinado pela razão numérica entre os valores encontrados para a capacidade de troca catiônica (CTC), em mmolc kg⁻¹, e o carbono orgânico (dag kg⁻¹) em porcentagem mássica (mmolc dag⁻¹), ambos referidos à amostra em base seca.

Todas as determinações, incluindo os valores para a torta de filtro foram realizadas em triplicatas e para os valores numéricos determinou-se a média aritmética e o desvio padrão.

Análise de correlação simples foi determinada com a finalidade de avaliar o grau de correspondência entre os parâmetros analíticos e foi utilizado o programa ASSISTAT® (SILVA, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As caracterizações físico-químicas dos hidrocarvões obtidos pela carbonização hidrotermal da mistura de vinhaça e torta de filtro estão apresentadas na Tabela 1. Pela tabela têm-se uma comparação entre os hidrocarvões produzidos sob diferentes condições, os resultados analíticos da torta de filtro “in natura” e também as especificações das garantias mínimas para condicionadores de solo segundo Instruções Normativas do MAPA.

Tabela 2 - Caracterização físico-química dos hidrocarvões obtidos pela carbonização hidrotermal da mistura de vinhaça e torta de filtro em comparação com o resultado analítico da biomassa sólida, torta de filtro, e garantias mínimas segundo Instruções Normativas do MAPA.

Amostras	CTC (mmol _c kg ⁻¹)	Carbono Orgânico Total (dag kg ⁻¹)	Nitrogênio (dag kg ⁻¹)	CTC/C (mmol _c dag ⁻¹)	C/N	pH (CaCl ₂)	CRA (%m/m)
Hidrocarvão 2h160°C	288,0 ±3,6 ⁽¹⁾	46,0 ±0,7	1,50 ±0,11	6,26 ±0,08	30,68 ±2,97	4,3	303,3
Hidrocarvão 2h180°C	243,0 ±3,6	44,4 ±1,0	1,68 ±0,01	5,47 ±0,18	26,42 ±0,42	4,3	255,9
Hidrocarvão 2h200°C	346,5 ±4,4	34,4 ±0,9	1,39 ±0,08	10,07 ±0,23	24,75 ±0,64	4,1	278,6
Hidrocarvão 4h160°C	274,5 ±3,9	37,6 ±1,1	1,21 ±0,01	7,30 ±0,25	31,09 ±1,34	4,2	334,8
Hidrocarvão 4h180°C	306,0 ±3,1	39,0 ±0,9	1,17 ±0,03	7,85 ±0,11	33,32 ±0,07	4,6	318,4
Hidrocarvão 4h200°C	229,5 ±2,6	42,3 ±1,2	1,11 ±0,01	5,43 ±0,11	38,07 ±1,27	4,4	282,5
Hidrocarvão 6h160°C	328,5 ±3,2	43,7 ±0,7	1,19 ±0,04	7,52 ±0,18	36,69 ±0,71	4,6	313,9
Hidrocarvão 6h180°C	238,5 ±4,1	46,0 ±1,8	1,10 ±0,01	5,18 ±0,11	41,86 ±1,27	4,3	302,4
Hidrocarvão 6h200°C	256,5 ±2,9	38,7 ±0,5	1,01 ±0,02	6,63 ±0,13	38,31 ±1,70	4,4	234,7
Torta de Filtro <i>in natura</i>	211,5 ±2,3	47,1 ±0,7	1,26 ±0,03	4,49 ±0,17	37,40 ±0,28	4,0	252,6
MAPA	Mínimo 200 ⁽²⁾	Mínimo 15 ⁽³⁾	Mínimo 0,5 ⁽³⁾	Conforme declarado ⁽³⁾	Máx. 20	Mínimo 6,0 ⁽³⁾	Mínimo de 60 %

Valores expressos em base seca. (1) $\pm$ desvio padrão. (2) IN SDA 35/2006. (3) IN SDA 25/2009

(Fertilizantes orgânicos mistos e compostos classe A.

A Instrução Normativa 35:2006 especifica as garantias para condicionadores de solo e a IN 25:2009 os demais parâmetros para fertilizantes orgânicos mistos e compostos classe A.

Os resultados mostram que os valores de pH dos materiais possuem caráter levemente ácido, semelhante ao pH determinado na torta de filtro. De modo geral, solos com pH próximos a neutralidade (pH = 6,5) são mais adequados às diversas culturas pois o meio ácido torna o ambiente desfavorável para a vida microbiana, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e fixação do nitrogênio. Em solos muito básicos a solubilidade de íons (nutrientes) pode diminuir comprometendo o crescimento das plantas.

A capacidade de troca catiônica (CTC) mostra a distribuição das cargas elétricas disponíveis na superfície das partículas do solo para a retenção de água e cátions dispersos na solução do solo (BRADY E WEIL, 2012; COSTA et al, 1999). Os valores da tabela 1 mostra que os hidrocarvões variaram de 229 mmolc kg^{-1} (hidrocarvão 4h 200°C) a 346,5 (hidrocarvão 2h 200°C) mmolc kg^{-1} . De modo geral os resultados da CTC dos hidrocarvões aumentaram com a carbonização hidrotermal da biomassa em relação ao valor da torta de filtro in natura, conforme figura 14.

A CTC foi afetada pelo tempo e temperatura utilizada na pesquisa, havendo variações dos valores encontrados. Em relação aos maiores valores de CTC verificou-se que aumentando o tempo de reação o melhor resultado é obtido com temperaturas progressivamente menores. Para o tempo de reação de 2h o maior valor de CTC foi para temperatura máxima de 200°C, para 4h a temperatura de 180°C e para 6h a temperatura caiu para o menor valor adotado no experimento, 160°C, conforme pode-se visualizar nos pontos mais externos da figura 15. O melhor resultado para a CTC foi obtido com a carbonização hidrotermal no tempo 2h (menor tempo) e temperatura de 200°C (maior temperatura). A relação entre o tempo e temperatura propiciou a melhor condição para a formação de material sólido com capacidade para reter cátions no solo.

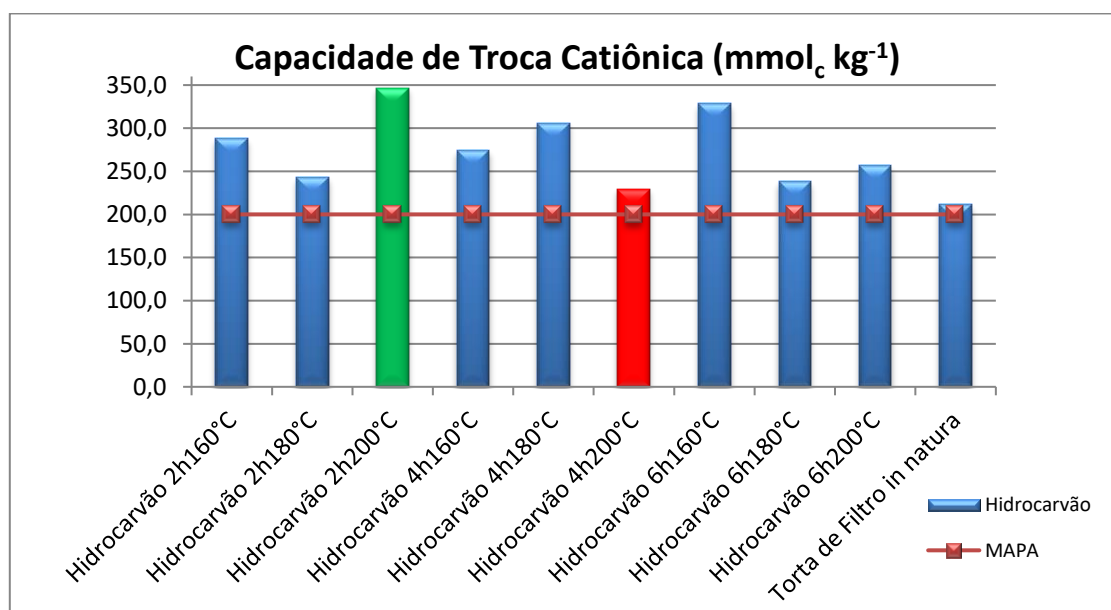


Figura 14: Comparação da CTC dos hidrocarvões em relação a CTC da torta de filtro.

Em geral, altas temperaturas fazem com que a CTC de biocarvão seja baixa devido à perda de grupos funcionais e que a maturação do biocarvão aumenta a CTC graças à formação na sua superfície de grupos funcionais como o carboxilo e oxigenados (NÓBREGA, 2011).

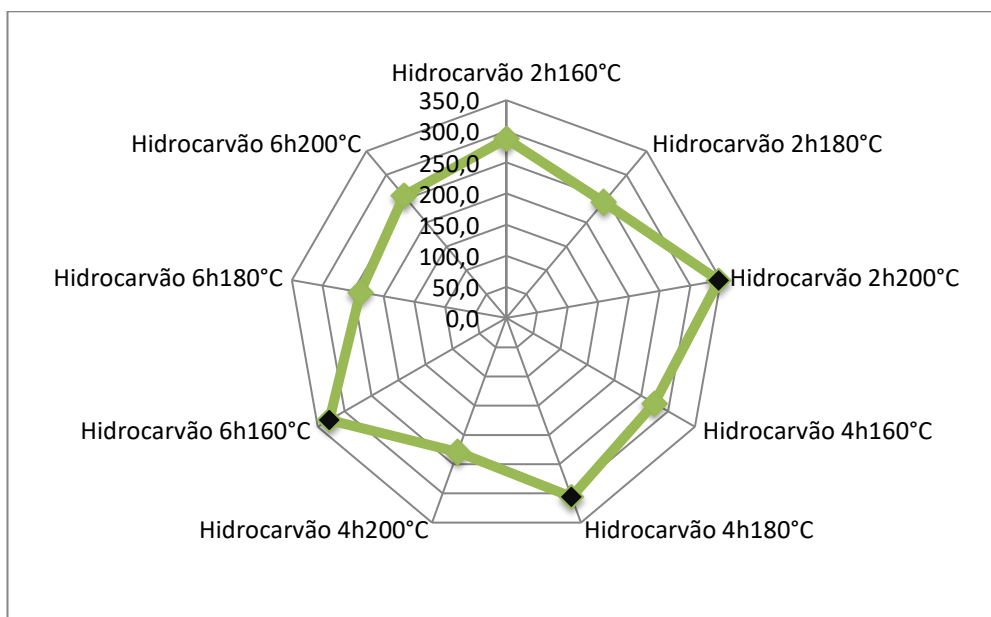


Figura 25: Comportamento da CTC para diferentes hidrocarvões.

A determinação do carbono orgânico nos materiais carbonáceos obtidos permite avaliar a quantidade de material orgânico presente. Em média, os teores de carbono orgânico (COT) dos hidrocarvões se reduziram em relação à biomassa bruta após a CHT. Essa redução evidencia a degradação do material original e a incorporação da vinhaça. Conforme demonstrado há um decréscimo nos valores do tempo de reação de 2h à medida que aumenta a temperatura. Ao ser empregado o tempo de reação de 4h ocorre o inverso até os parâmetros de 6h e 180°C. A figura 16 relaciona o teor de COT com a CTC.

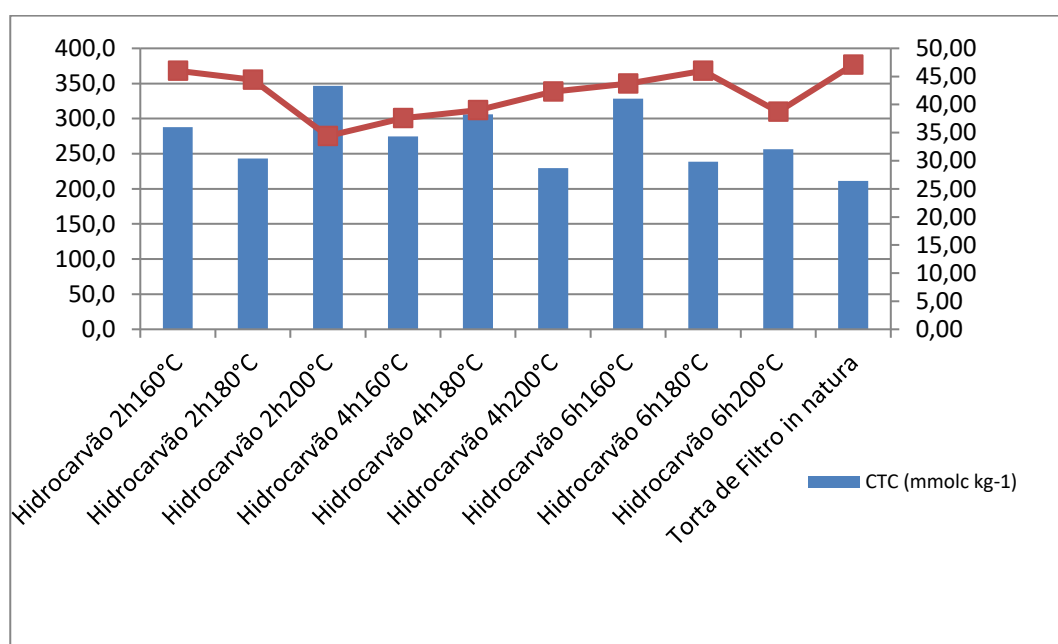


Figura 36: Comportamento do carbono orgânico total para diferentes hidrocarvões comparado com resultados de CTC.

A relação CTC/C apresentou o mesmo comportamento quanto aos resultados analíticos para a CTC quando da carbonização hidrotermal das biomassas. A figura 17 demonstra essa similaridade. De acordo com Rodella et al (1994), a relação CTC/C é mais apropriada para indicar o grau de humificação de materiais orgânicos.

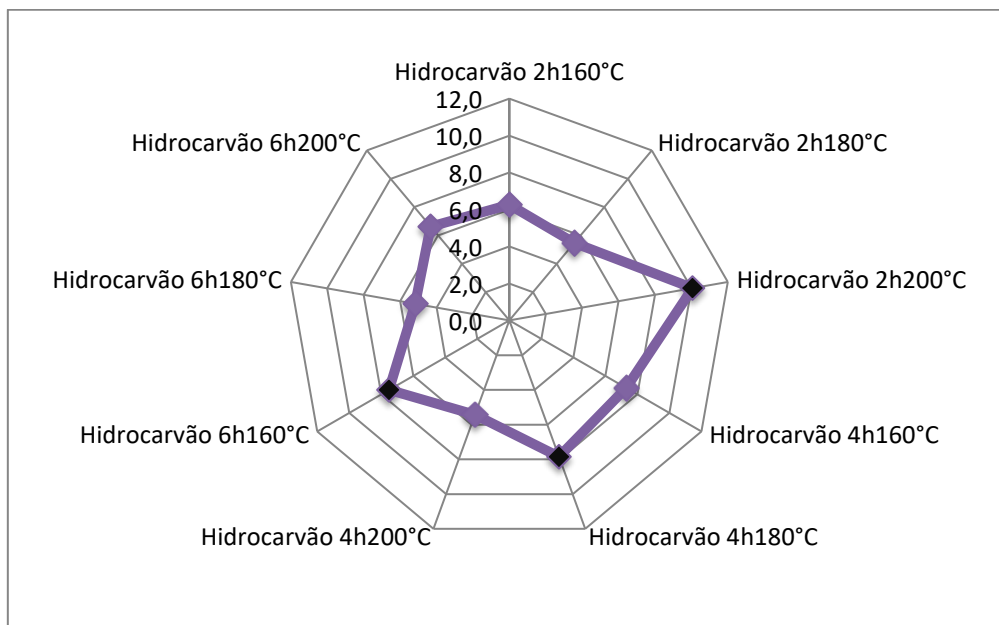


Figura 17: Comportamento da CTC/C para diferentes hidrocarbões.

Para o nitrogênio os valores praticamente não houve alteração nos valores, apesar de diminuírem com o aumento do tempo de reação. Na figura 18 é possível notar esse decréscimo e verificar que o melhor resultado da carbonização foi $1,68 \text{ dag kg}^{-1}$ (2h a 180°C). Estes valores indicam que estes materiais podem atuar como fonte imediata de N, uma vez que estas formas estão prontamente disponíveis para plantas.

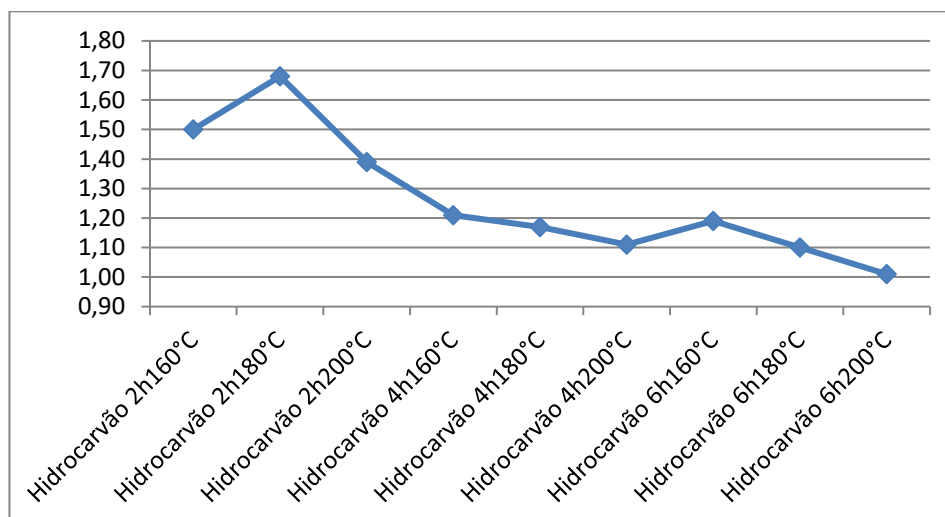


Figura 48: Comportamento do nitrogênio total para diferentes hidrocarvões.

Por conseguinte, a relação C/N apresentou valores variados conforme os tempos e temperaturas utilizados. Para o tempo de reação de 2h o aumento na temperatura diminui a relação C/N ao passo que na maior temperatura (200°C) o valor encontrado aproxima da especificação máxima (20) exigida pelo MAPA, sendo deste modo o melhor resultado obtido. Para a temperatura de 4h o comportamento é inverso, o aumento da temperatura aumenta os valores da relação C/N. Já para o tempo de 6h não se verifica uma relação entre tempo e temperatura, mas observa o maior valor encontrado.

A aplicação do hidrocarvão com C/N alta pode resultar em imobilização temporária de N pelos microrganismos do solo (BERNAL et al, 1998). Para Siqueira e Franco (1988), quando a relação C/N situa-se entre 20 e 30, ocorre um equilíbrio entre os processos de mineralização e de imobilização do nitrogênio. Quando atinge valores superiores a 30, a imobilização supera a mineralização. Todavia, para Derpsch et al. (1985), com uma relação C/N superior a 25 já é possível ocorrer imobilização líquida de nitrogênio (HEIRINCHS, 2001).

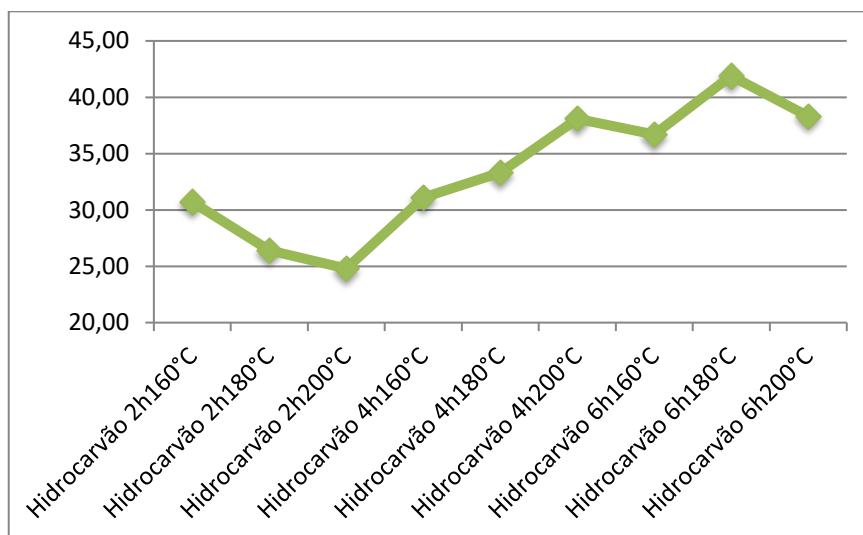


Figura 59: Comportamento da razão C/N para diferentes hidrocarvões.

Os melhores resultados apresentados pela utilização da CHT estão relacionados à capacidade de retenção de água (CRA). Os valores apresentaram-se elevados e variaram de 234,7 % (6h 200°C) a 334,8 % (4h 160°C). Pela figura 20 é possível relacionar pelo tempo de reação empregado que o aumento da temperatura decresce o valor da CRA. Temperaturas maiores diminuem os resultados da capacidade de reter água do hidrocarvão. Os maiores valores estão situados no tempo de reação de 4h. A capacidade retentora de água do material pode estar relacionada à facilidade da formação de ligações de hidrogênio (H) entre dipolos elétricos das moléculas de água com os grupamentos do material, por exemplo, o carbonilo (MELO et al, 2008).

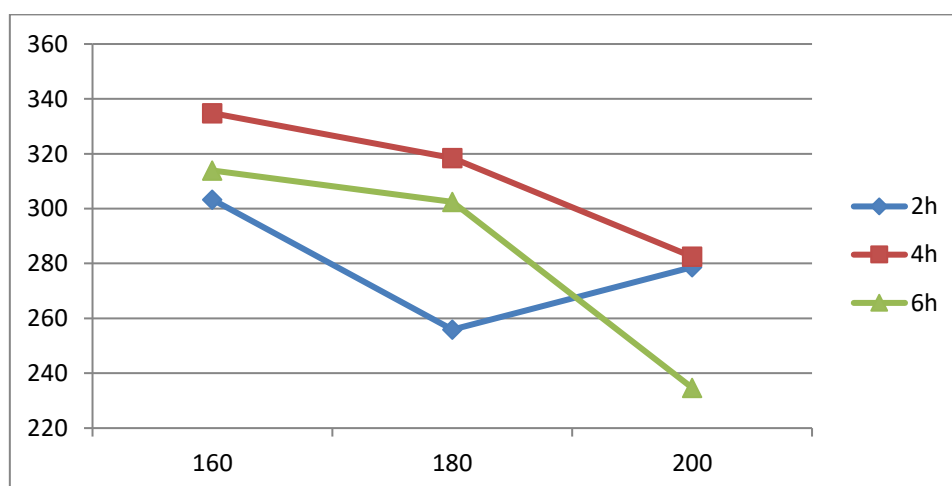


Figura 20: Resultados de CRA em função do tempo de reação.

A CTC/C apresentou correlação significativa positiva com a CTC (0,90) e negativa com o C (-0,80). À medida que se aumenta a concentração da razão CTC/C tem-se um aumento da CTC e os valores de carbono orgânico decresce, ou seja, uma correlação inversa.

Para o N a correlação também foi negativa com a razão C/N (-0,81). Os demais atributos não apresentaram correlação significativa entre si.

Tabela 3 – Coeficiente de correlação simples entre os diversos parâmetros analisados para os diferentes hidrocarvões.

	CTC	C	N	CTC/C	CRA	C/N
	mmol _c kg ⁻¹	dag kg ⁻¹		mmol _c dag ⁻¹	%m/m	
CTC						
C	-0,47*					
N	0,13*	0,21*				
CTC/C	0,90**	-0,80**	0,03*			
CRA	0,33*	0,05*	-0,11*	0,18*		
C/N	-0,46*	0,39*	-0,81**	-0,53*	0,05*	
pH	0,05*	0,29*	-0,38*	-0,17*	0,15*	0,50*

* Não significativo. **Significativo ao nível de 1% (p < 0,01).

A tabela 04 apresenta os 3 melhores resultados analíticos em função dos parâmetros (temperatura e tempo) empregados para cada hidrocarvão, de acordo com as exigências e garantias definidas pelas legislações do MAPA. É possível notar que mais de 80% dos melhores resultados foram para o tempo de reação de 2h e levando em consideração os três melhores resultados este tempo apresentou mais de 50% dos resultados analíticos. Quanto à temperatura, temos que 50% dos melhores resultados estão na temperatura de 200°C e para os três melhores resultados temos que 42% estão distribuídos na temperatura de 160°C.

Tabela 3 - Representação dos melhores resultados para o hidrocarvão em relação ao tempo de reação e temperatura empregada durante a CHT da biomassa de vinhaça e torta de filtro, de acordo com as garantias e exigência do MAPA.

Amostras	CTC	Carbono Orgânico Total	Nitrogênio - N	CTC/C	C/N	CRA
Hidrocarvão 2h160°C	-	1°	2°	-	3°	-
Hidrocarvão 2h180°C	-	2°	1°	-	2°	-
Hidrocarvão 2h200°C	1°	-	3°	1°	1°	-
Hidrocarvão 4h160°C	-	-	-	-	-	1°
Hidrocarvão 4h180°C	3°	-	-	2°	-	2°
Hidrocarvão 4h200°C	-	-	-	-	-	-
Hidrocarvão 6h160°C	2°	3°	-	3°	-	3°
Hidrocarvão 6h180°C	-	1°	-	-	-	-
Hidrocarvão 6h200°C	-	-	-	-	-	-

O hidrocarvão obtido pela CHT é classificado conforme legislação como condicionador de solo classe A, por ser um produto que em sua produção utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamento de agroindústrias, onde não seja utilizado no processo o sódio (Na⁺), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos (BRASIL, 2006).

CONCLUSÃO

A carbonização hidrotermal apresentou-se como uma tecnologia viável no aproveitamento de vinhaça e torta de filtro como condicionador de solos. Com exceção da relação C/N e pH todos os valores, incluindo a torta de filtro in natura, apresentaram valores melhores que a especificação exigida pelo MAPA.

A aplicação da tecnologia de carbonização hidrotermal aumentou os valores para os principais parâmetros (CTC e CRA) definidos pela legislação para condicionadores de solo, em relação à torta de filtro. De maneira geral o melhor hidrocarvão adquirido após a utilização da técnica de carbonização hidrotermal foi obtido no tempo de 2h e temperaturas de 160° C e 200°C.

O estudo mostra que os parâmetros tempo e temperatura da carbonização hidrotermal das biomassas influenciam nas propriedades físico-química do hidrocarvão.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pela FAPEG, processo n° 201310267001102. Os autores agradecem ao LANAGRO-GO e IAC (Instituto Agronômico de Campinas) pela caracterização das amostras e ao IFG pelo apoio na pesquisa. Agradecimentos a CAPES.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, T. N. Efeito da expansão do cultivo de cana-de-açúcar na composição da paisagem do estado de São Paulo. 79f. Dissertação de mestrado – Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- BRADY, N.C.; WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro: Ed. Bookman, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 35 de 4 de jul. 2006. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de Jul. de 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 28 de 27 de jul. 2007. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 de Jul. de 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 31 de 23 de out. 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 de Out. de 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 25 de 23 de jul. 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de Jul. de 2009.
- BERGE, N.D.; RO, K.S.; MAO, J.; FLORA, J.R.V.; CHAPPELL, M.; BAE, S. Hydrothermal carbonization of municipal waste streams. *Environmental Science and Technology* 45 (13), 5696–5703, 2011.
- BERNAL, M.P.; NAVARRO, A.F.; SANCHEZ-MONEDERO, M.A.; ROIG, A.; CEGARRA, J. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biology Biochemistry*, 30:305-313, 1998.
- COSTA, A. C. S.; TORINO, C. A.; RAK, J. G. Capacidade de troca catiônica dos coloides orgânicos e inorgânicos de latossolos do estado do Paraná. *Acta Scientiarum* 21(3):491-496, 1999.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.20, p.761-773, 1985.
- DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; SIQUEIRA, M. F. A vegetação dos remanescentes de Cerrado no Estado de São Paulo. In: BITENCOURT, M. D. e MENDONÇA, R. R. Viabilidade da conservação dos remanescentes de Cerrado no Estado de São Paulo. São Paulo: Annablume, p. 20-56, 2004.
- EYKELBOSH, A. J.; JOHNSON, M. S.; QUEIROZ, E. S.; DALMAGRO, H. J.; COUTO, E. G. Biochar from Sugarcane Filtercake Reduces Soil CO₂ Emissions Relative to Raw Residue and Improves Water Retention and Nutrient Availability in a Highly-Weathered Tropical Soil. *PLoS ONE* 9 (6), 2014.
- FUNKE, A.; ZIEGLER, F. Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering. *Biofuel, Bioprod. Bioref.* Berlim, Germany. v.4, p.160 – 177, 2010.

GEORGE P. A. O.; ERAS J. J. C.; GUTIERREZ A. S.; HENS L.; VANDECASTEELE C. Residue from Sugarcane Juice Filtration (Filter Cake): Energy Use at the Sugar Factory. *Waste Biomass Valor* 1: 407–413, 2010.

GLASNER, C.; DEENBERG G.; LYKO, H. Hydrothermal carbonization: A review. *Chemie Ingenieur*. v.83, n.11, 1932-1943, 2011.

GLASER, B., BIRK, J. J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark earths in Central Amazonia (terra preta de Indio). *Geochim. Cosmochim. Acta* 82, 39–51, 2012.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: Relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p.331-340, 2001.

LEHMANN, J.; JOSEPH S. Biochar for environmental management: an introduction. *Science and Technology, Earthscans, UK*, pp. 1–12, 2009.

LEHMANN, J.; RILLING, M. C.; THIES, J.; MASIELLO, C. A.; HOCKADAY, W. C.; CROWLEY, D. Biochar effects on Soil Biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry* v.43, p.1812 – 1836. 2011.

LIBRA, J. A.; RO, K.; KAMMANN, C.; FUNKE, A.; BERGE, N. D.; NEUBAUER, Y.; TITIRICI, M.; FUHNER, C.; BENS, O.; KERN, J.; EMMERICH, K. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. *Future Science, Biofuel*, p.89 - 124. 2011.

LI, L.; DIEDERICK, R.; FLORA, J. R. V.; BERGE, N. D. Hydrothermal carbonization of food waste and associated packaging materials for energy source generation. *Waste Management*. v. 33, p. 2478 – 2492, 2013.

LU, X.; PELLECHIA, P. J.; FLORA, J. R. V.; BERGE, N. D. Influence of reaction time and temperature on product formation and characteristics associated with the hydrothermal carbonization of cellulose. *Bioresource and Technology*. v. 138, p. 180 – 190, 2013.

MARTINELLI L.A.; NAYLOR R.; VITOUSEK P. M.; MOUTINHO P. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. *Curr Opin Environ Sustain*, v. 2, p. 431– 438, 2010.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32:, p.101 – 110, 2008.

NICOCELLI, L. M. Sorção ao potássio de diferentes materiais submetidos à aplicação de vinhaça. 69f. Dissertação de mestrado – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

NÓBREGA, I. P. C. Efeitos do Biochar nas propriedades físicas e química do solo: Sequestro de carbono no solo. 38f. Dissertação de mestrado – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

PRADO R. de M.; CAIONE G.; CAMPOS C. N. S.; Filter Cake and Vinasse as Fertilizers Contributing to Conservation Agriculture. *Applied Environmental Soil Science*, p. 1–8, 2013.

RESENDE, A. S.; XAVIER, R. P.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S.; ALVES, R. J.; BODDEY, R. M. Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse application on yield of sugarcane and carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco. Brazil. *Plant and Soil*, v. 281, n. 1/2, p. 339-351, 2006.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. *Scientia Agrícola*, v. 51, p. 556 – 562, 1994.

ROLIM, M. M.; LYRA, M. R. C. C.; DUARTE, A. S.; MEDEIROS, P. R F.; SILVA, E. F. F.; PEDROSA, E. M. R. Influência de uma lagoa de distribuição de vinhaça na qualidade da água freática. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*: v. 8, n.1, 2013.

SILVA, F. de A. S; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In:WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A. A. Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas. Brasília, Ministério da Educação e Cultura, p.236, 1988.

SPAROVEK G.; CORRECHEL V.; BARRETTO A. G. O. P. The risk of erosion in Brazilian cultivated pastures. *Environmental Science e Technology*, v.64, pp 77 - 82, 2007.

SPAROVEK, G.; BERNDDES, G.; KLUG, I. L. F.; BARRETO, A. G. O. P. Brazilian Agriculture and Environmental Legislation: Status and Future Challenges. *Environmental Science e Technology*, v.44, p. 6046–6053, 2010.

TITIRICI, M.; THOMAS, A.; ANTONIETTI, M. Back in the black: Hydrothermal carbonization of plant material as an efficient chemical process to treat the CO₂ problem?. *New Journal of chemistry*. Montpellier, France, v.31, p.787-789, 2007.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar, 2014. www.unicadata.com.br.

VAN ZWIETEN, L., KIMBER, S., MORRIS, S., CHAN, K.Y., DOWNIE, A., RUST, J., JOSEPH, S., COWIE, A. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and Soil* v.327, p.235 - 246. 2010.



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](#)

TÓPICOS EM CIÊNCIAS DO SOLO



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE